

Державний вищий навчальний заклад
«Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»
Фізико-технічний факультет
Кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки

Магістерська робота
на тему
Автоматизована система керування промисловим котлом

Виконав: студент групи КІ(м)-21
напряму підготовки
123 Комп'ютерна інженерія
Бучок Н. В.

Керівник: к.т.н., доцент Грига В. М.

Рецензент: д.ф.-м.н., проф. Яремій І. П.

м. Івано-Франківськ

2020

Державний вищий навчальний заклад
 «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»
 Фізико-технічний факультет
 Кафедра «Комп'ютерної інженерії та електроніки»

Пояснювальна записка

до магістерської роботи

на тему:

Автоматизована система керування промисловим котлом

					<i>KI(м)-21.01</i>			
<i>Змін</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Бучок Н.В.</i>				<i>Пояснювальна записка</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>	<i>Грига В.М.</i>					4	72	
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

АНОТАЦІЯ

В даній магістерській кваліфікаційній роботі розроблено мікропроцесорну автоматизовану систему керування промисловим газовим котлом.

Розроблена система керування здійснює контроль за параметрами промислового газового котла: температурою води на подачі, температурою води на вході і виході, температурою зовнішнього повітря, тиском в системі опалення. Система дозволяє також здійснювати вмикання та вимикання основних вузлів системи опалення промислового котла: пальника, мережевого та рециркуляційного насосу. Контроль за даними параметрами здійснюється за допомогою засобів візуалізації та звукової і світлової сигналізації. При перевищенні даних параметрів розроблена мікропроцесорна система вмикає автоматичні засоби вимкнення роботи котла та його основних частин.

					<i>KI(м)-21.01</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ABSTRACT

The automated microsystem of management an industrial gas caldron is worked out in this master's thesis.

Worked out control system carries out control after the parameters of industrial gas caldron: by the temperature of water on a serve, by the temperature of water on an entrance and exit, temperature of external air, pressure in the system of heating. The system allows also to carry out an on-off basic knots of the system of heating of industrial caldron: gas-ring a network and to the recirculation pump. Control after these parameters comes true by means of facilities of visualization and voice and light signaling. At exceeding of these parameters worked out a microsystem includes automatic facilities of shutdown of work of caldron and him basic parts.

					<i>KI(м)-21.01</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		6

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВИМИ КОТЛАМИ.....	11
1.1. Актуальність поставленого завдання.....	11
1.2. Класифікація твердопаливних промислових котлів.....	12
1.3. Основні елементи промислових котлів та принципи їх роботи.....	16
1.4. Аналіз автоматизованих систем керування промисловими котлами.....	20
1.4.1. Системи керування промисловими котлами фірми Комел.....	20
1.4.2. Системи керування промисловими котлами фірми Спекон.....	22
1.4.3. Системи керування промисловими котлами фірми "АСУ-КТ".....	23
1.4.4. Системи керування промисловими котлами фірми КБ "АГАВА".....	24
1.5. Постановка задачі.....	25
2. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ АПАРАТНИХ МОДУЛІВ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВИМ КОТЛОМ.....	26
2.1. Розробка структурної схеми мікропроцесорної системи керування промисловим котлом.....	26
2.2. Вибір мікропроцесора.....	29
2.3. Вибір датчика регулювання температури води.....	35
2.4. Вибір датчика регулювання температури зовнішнього повітря.....	39
2.5. Вибір датчика тиску газів.....	42
2.6. Система звукової сигналізації.....	44
2.7. Блок керування та індикації (сигналізації).....	45
2.8. Інтерфейс RS-485.....	48
2.9. Вибір системи автоматизованого проектування Proteus.....	50
3. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВИМ КОТЛОМ.....	53

					KI(м)-21.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

3.1. Розроблення схеми електричної принципової системи керування промисловим котлом.....	53
3.1.1. Під'єднання цифрових давачів температури.....	53
3.1.2. Під'єднання аналогових давачів тиску.....	56
3.1.3. Система індикації пристрою керування котлом.....	57
3.1.4. Підсистема вводу інформації.....	58
3.1.5. Під'єднання блоку керування котлом.....	60
3.1.6. Інші елементи схеми.....	61
3.2. Режими роботи промислового котла.....	62
3.3. Розроблення блок-схеми алгоритму керування промисловим котлом...	65
3.4. Тестування системи керування промисловим котлом.....	68
ВИСНОВКИ.....	73
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	74

ВСТУП

Швидкі темпи росту швидкодії сучасних інтегральних схем та їх цінова доступність і швидке у часі масове виробництво зумовлює широке їх застосування у багатьох автоматизованих системах галузей виробництва для керування роботою різноманітного устаткування та механізмів. Прискорений темп виходу на ринок сучасних мікропроцесорів, мікроконтролерів та їх систем дозволяє істотно покращити характеристики керування об'єктами та прискорити проектування систем керування їхньою роботою.

Особливо актуально сьогодні є використання цифрових сигнальних процесорів, які здійснюють керування цифровими та аналоговими давачами, обробкою сигналів та зображень в реальному масштабі часу та виконують обчислення складних математичних формул і поліномів, що дає змогу їх широкого застосування в сучасних системах керування складними об'єктами.

Сучасні побутові прилади та техніка домашнього, офісного та виробничого вжитку мають у своєму складі мікропроцесори, які керують та контролюють їх безпечну та економну роботу.

Одним із перспективних напрямків в сучасних системах опалення будівель є створення та застосування автоматизованих систем керування промисловими котлами різного типу. Такі системами дозволяють здійснювати контроль за найосновнішими параметрами і характеристиками системи опалення, виводити отримані виміряні дані в реальному масштабі часу на засоби виведення інформації та сигналізувати про виникнення збоїв у системі. Такі системи масово використовуються у системах типу «розумний будинок», інформаційно-вимірювальних системах реального часу, тощо.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є проектування мікропроцесорної автоматизованої системи для керування роботою промислового газового котла, на основі сучасного сигнального мікропроцесора DSP56800E фірми Motorola. Розроблена система орієнтована на застосування в офісних приміщеннях, складах, виробничих цехах для забезпечення усіх важливих функцій підтримки виробничого процесу в обігрітих приміщеннях із

					<i>KI(м)-21.01</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		9

постійним забезпеченням гарячою водою. Проектована система повинна відповідати наступним вимогам щодо забезпечення необхідних характеристик: керування широким спектром промислових газових котлів з можливістю під'єднання зовнішньої системи керування; проста система під'єднання до промислового котла; можливість динамічної зміни діапазонів температур та значень тиску, при яких відбуваються процеси ввімкнення та вимкнення котла; можливість під'єднання до ПК через послідовний або паралельний інтерфейс для зміни оновлення програмного забезпечення, прошивки мікропроцесора та спеціального налаштування; наявність блоків резервних реле для забезпечення надійної та ефективної роботи системи керування.

					<i>KI(м)-21.01</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		10

1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВИМИ КОТЛАМИ

1.1 Актуальність поставленого завдання

Створення автоматизованих систем керування технологічними процесами у системах промислових котлів з використанням сучасної елементної бази є перспективною задачею. На сьогоднішній день на ринку постачання таких систем існує багато різноманітних рішень реалізація яких вимагає надійної та ефективної елементної бази, яка дозволить понизити економічну ефективність автоматизованої системи.

Динамічний розвиток мікропроцесорів та їх широке використання в автоматизованих системах керування зумовлене різким зниженням їх вартості та можливістю створення на їх основі розподілених децентралізованих систем керування. Дані системи реалізуються на базі універсальних електронно обчислювальних машин з відповідним програмним забезпеченням, а також на базі мікропроцесорних та мікроконтролерних систем з розширеним діапазоном технічних параметрів.

Сучасна мікропроцесорна техніка використовується для програмного керування різними виробничими і науково-дослідними об'єктами для забезпечення їх системами керування, контролю та діагностування.

Найбільш прийнятним і раціональним є використання поєднаних централізованих і розподілених структур керування різними процесами на базі мікропроцесорних та мікроконтролерних систем.

Сучасні мікропроцесорні вимірювальні пристрої, прилади та системи дозволяють виконати двосторонню взаємодію: з оператором і системою збору інформації її обробки та передачі, а також виконувати односторонню взаємодію: з вибраним об'єктом вимірювання і навколишнім середовищем. Використання в обчислювальних приладах мікропроцесорів, що мають можливість мікропрограмного керування і обробки інформаційних повідомлень, дозволяє якісно покращити параметри приладів і систем та

					KI(м)-21.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

істотно розширити їх функціональні можливості щодо забезпечення покладених на них якісних обчислень.

1.2 Класифікація промислових твердопаливних котлів

Промислові котли застосовуються у всіх галузях промисловості для опалення промислових і складських приміщень, ферм та адміністративних корпусів. На сьогоднішній день промислові котли парцюють на різних видах палива: природний газ, вугілля, торф, дрова, щепи, палети, відходи сільського господарства та інші.

Промислові газові котли.

Промисловий газовий котел виступає в ролі обладнання, що перетворює теплову енергію, хімічну енергію згорання палива, областю застосування якої є гаряче водопостачання та обігрів приміщень.

Природний газ на протязі тривало часу рахується найбільш розповсюдженим та економним паливом, оскільки має високий коефіцієнт корисної дії. Промислові газові котли не потребують великих затрат і часу на експлуатацію, не потребують додаткового персоналу для обслуговування та потреби слідкувати за наявністю та кількістю палива. Процес керування здійснюється автоматично по заданих параметрах.

На рис.1.1 зображено вигляд промислового газового котла.

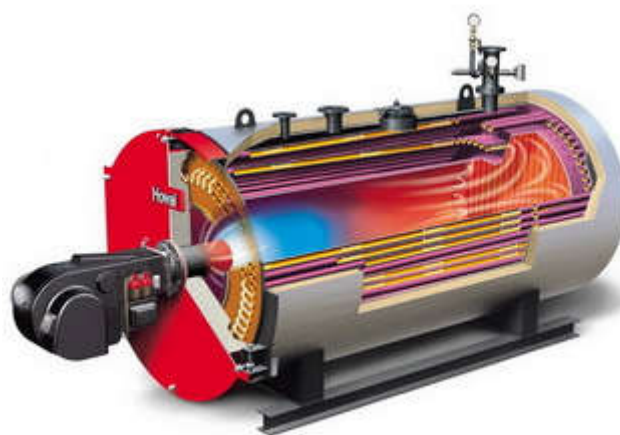


Рис.1.1. Зовнішній вигляд промислового газового котла.

По місцю розміщенню, газові котли бувають двох видів – для розміщення на підлозі та на стінах. При кріпленні котлів на стінах можна зекономити

					KI(м)-21.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

площу приміщення. Вони економічні і мають простий режим керування. Газові котли, які розміщуються на підлозі володіють найбільш обширними параметрами потужності та можуть бути застосовані при обігріві промислових кімнат.

Промисловий котел на твердому паливі.

Але в сьогоdnішніх умовах, при постійному зростанні тарифів, виникла необхідність в переході на альтернативні види палива. Україна, особливо північні її райони, багаті на ліси і торф'яники. Велику популярність отримали котли на твердому паливі. Паливом для твердопаливних котлів може служити: вугілля, дрова, тріска, пелети, торф, тощо. На рис.1.2 зображено вигляд промислового котла на твердому паливі.



Рис.1.2. Зовнішній вигляд промислових котлів на твердому паливі.

Промислові твердопаливні котли можуть бути як з ручним завантаженням палива так і автоматичним процесом подачі (завантаження) палива.

Парові промислові котли.

Парові промислові котли це агрегати, в яких під впливом тиску, вода нагрівається і перетворюється на пару. Область застосування парових котлів включає в основному виробництво пари з метою живлення промислових пристроїв. Парові котли характеризуються підвищеною надійністю, посиленою безпекою високою продуктивністю. Дана система не складає труднощів в монтажі та експлуатації, так як працює в автоматичному режимі.

					<i>KI(м)-21.01</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		13

На сьогоднішній день важко уявити виробництво або промислову спеціалізовану установку, в яких відсутній паровий котел. Дані агрегати використовують в медицині з метою стерилізації інструментів або костюмів, в деревообробній промисловості, в сільському господарстві з метою парового опалення, в будівельній індустрії, харчовій промисловості, нафтогазовій галузі та інших. Такого виду установки, як правило, встановлюються в спеціально відведених для цього приміщеннях, хоча при малогабаритних установках, досить обмеженому їх використанні, оптимальному джерелі енергії, вони можуть перебувати в області робіт.

На рис.1.3 зображено вигляд промислового парового котла.



Рис.1.3. Зовнішній вигляд промислового парового котла.

Одним із найосновніших показників, який може впливати на придбання котла, це параметр його тиску, він може бути, як низьким, так і високим. Також, істотну роль виконує потужність котла і використовується для його роботи сировину. Зараз багато установок промислових парових котлів ефективно працюють завдяки багатьом видам палива.

Піролізні промислові котли.

Основним принципом дії цього обладнання є процес піролізу палива (генераторна газифікація).

					<i>KI(м)-21.01</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		14

Основним видом палива для піролізного котла є деревина. Як додаткове паливо можуть використовуватися відходи від деревообробних виробів. Корпус котла виконаний із сталевих листів товщиною 3-8 мм, покритий шаром мінеральної вати (для мінімізації тепловтрат) і сталеву декоративною обшивкою. Піролізний котел має дві камери згоряння, розташованих вертикально. Верхня камерою є також камерою завантаження палива. Регулювання режимів роботи обладнання здійснюється за допомогою електромеханічної панелі.

На рис.1.4 зображено вигляд промислового піролізного котла.



Рис.1.4. Зовнішній вигляд промислового піролізного котла.

Піролізний котел комплектується витяжним вентилятором, який запобігає попаданню диму і попелу в приміщення під час дозавантаження палива в котел.

До переваг таких котлів відносять:

- велика завантаженість паливом – час згорання до 12 годин;
- наявність охолоджуючого контуру, який запобігає перегріву котла;
- високий рівень коефіцієнта корисної дії (від 81% до 87%);
- наявність витяжного вентилятора;
- автоматичне вимкнення котла після догорання палива;
- невеликі габарити і мала маса обладнання.

					<i>KI(м)-21.01</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		15

1.3. Основні елементи промислових котлів та принципи їх роботи

Промислові котли мають конструкцію з міцного листового металу з дуже розвиненою поверхнею прийому тепла. Котел має трикамерну структуру. Перша камера (топка) має великий об'єм, що дозволяє максимально продовжити період згоряння одноразового завантаження палива. У зв'язку з цим після розпалу немає необхідності в постійному обслуговуванні. Друга камера виконує функцію відбору тепла від продуктів згоряння. Для інтенсифікації процесу горіння встановлені вентилятори, що подають повітря через повітряні канали по всьому об'єму топки. Корпус котла теплоізолюваний.

На рис. 1.5 показано основні внутрішні і зовнішні елементи промислового твердопаливного котла.

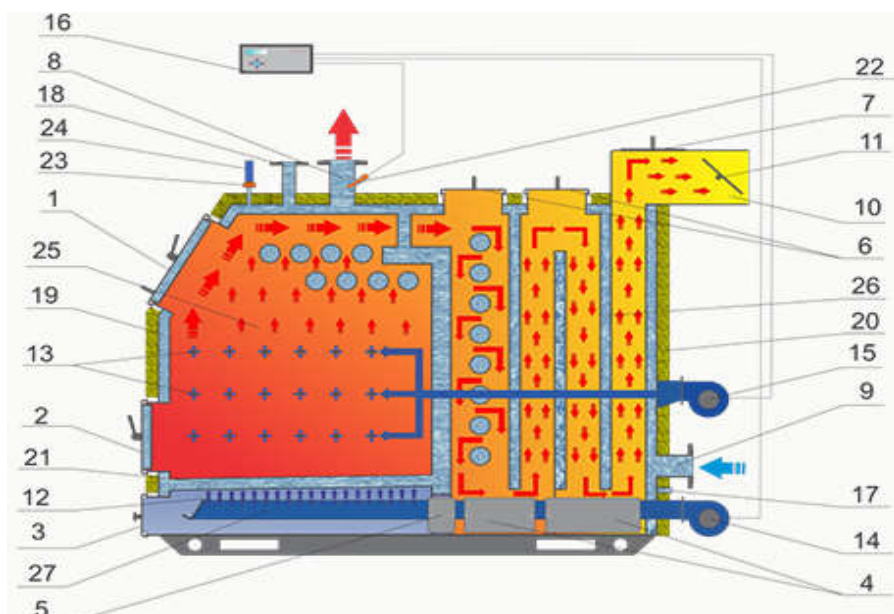


Рис. 1.5. Внутрішні будова промислового котла на твердому паливі.

Промисловий твердопаливний котел складається з:

1. Люку завантаження;
2. Люку шуровочного;
3. Люку для видалення попелу;
4. Бокового люку для очищення газоходу;
5. Колектора первинного повітря;
6. Верхнього люку для чистки газоходу;

					КІ(м)-21.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

7. Люку для чистки димоходу;
8. Патрубка подачі;
9. Зворотнього патрубка;
10. Димоходу;
11. Шубера димоходу;
12. Первинного повітря;
13. Вторинного повітря;
14. Вентилятора первинного повітря;
15. Вентилятора вторинного повітря;
16. Пульта керування;
17. Крана для наповнення та зливу води;
18. Запобіжного клапану;
19. Водяної сорочки;
20. Теплоізоляції;
21. Охолоджуючих труб;
22. Мідної гільзи для встановлення термодавача;
23. Крану під манометра;
24. Манометра;
25. Камери згорання;
26. Прямої перегородки;
27. Розсіювача первинного повітря.

На рис. 1.6 та 1.7 показано основні елементи промислового котла на твердому паливі (при виду спереду та заді).

Як бачимо на рис. 1.6 промисловий котел містить: верхній люк для чистки газоходу, драбинку для обслуговування, боковий люк, боковий люк для чистки колектора первинного повітря, шубер регулятора подачі кількості

					<i>KI(м)-21.01</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		17

вторинного повітря в камеру згорання котла, патрубок під'єднання шлангів, патрубок під запобіжний клапан, патрубок подачі, гребінку для водоохолодження люків, манометр, кран під манометр, кран маєвського, оглядове вікно, люк завантажувальний, ручку зажиму, люк завантажувальний та люк для видалення золи.

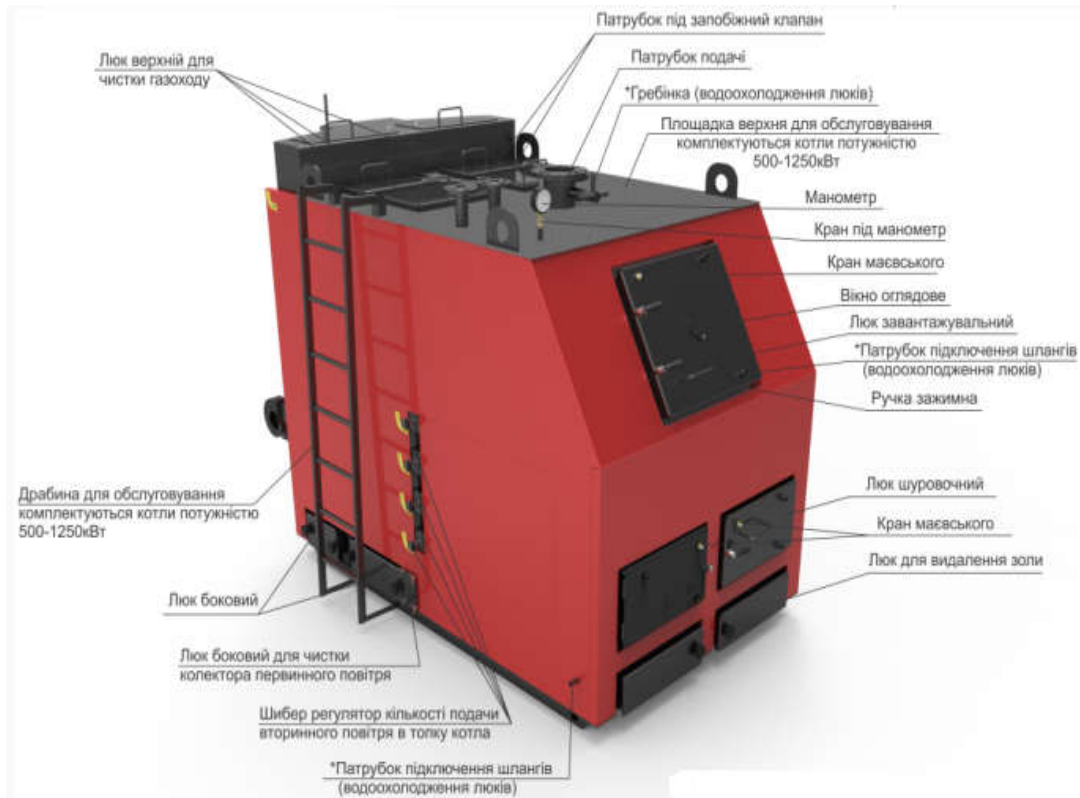


Рис. 1.6. Основні частини промислового котла на твердому паливі (вид спереди)

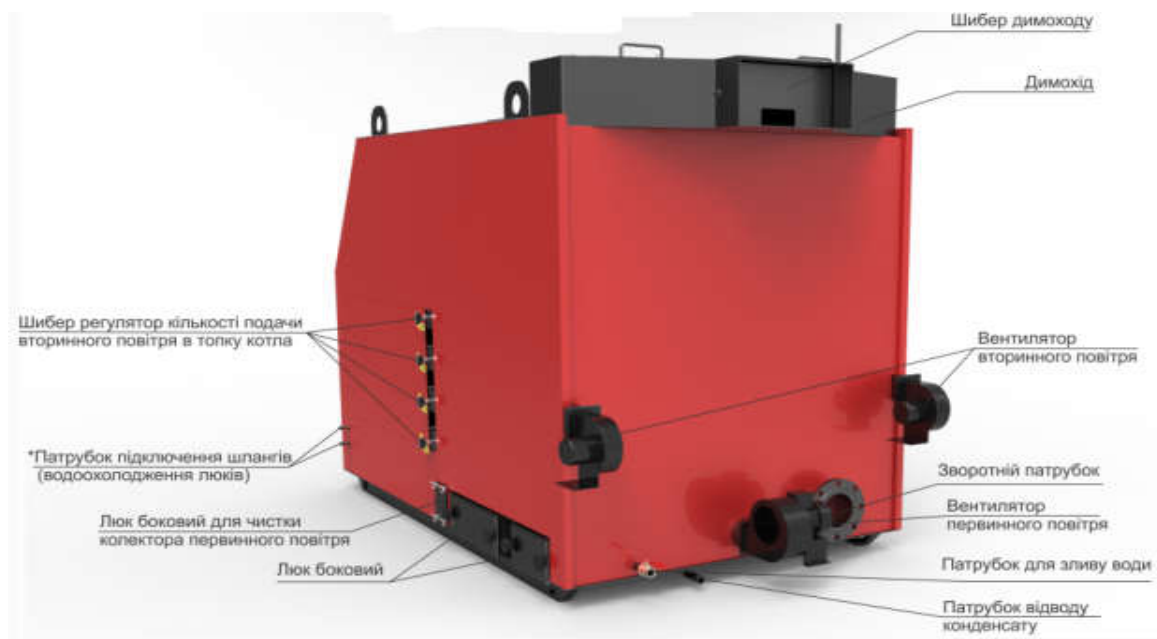


Рис. 1.7. Основні частини промислового котла на твердому паливі (вид заді).

					<i>KI(м)-21.01</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Як бачимо на рис. 1.7 промисловий котел містить: шубер для регулювання кількості поданого вторинного повітря в камеру згорання котла, боковий люк, боковий люк для чистки колектора первинного повітря, шубер димоходу, димохід, вентилятор вторинного повітря, зворотній патрубок, вентилятор первинного повітря, патрубок для зливу води, патрубок відводу конденсату.

В промислових газових котлах основним елементом є пальник, який виконує основну функцію забезпечення стабільного горіння палива в системі опалення промислового котла та керується блоком керування мікропроцесора. На рис. 1.8 показано вигляд газового пальника промислового призначення.



Рис. 1.8. Газовий пальник промислового призначення.

В основному пальник складається із системи автоматики яка керує клапаном подачі газу і системою розпалу (запалювання газу) в пальнику. Коли робиться спроба включення пальника користувачем, певна кількість газу надходить в запальник. Після цього в системі розпалювання газового котла формується іскра, яка в залежності від типу пальника забезпечує загорання газу. Далі, коли процес загорання виконався, відбувається нагрівання розпалювання, і як тільки підніметься температура його нагрівання до відповідного рівня, відкривається клапан для подачі палива в активну робочу зону пальника і забезпечується виділення тепла.

					<i>KI(м)-21.01</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		19

Функцію загорання палива виконує розпал, для його виконання потрібно під'єднатися до електромережі або використати п'єзоелемент.

Система автоматики повинна забезпечувати безпеку використання пальника, шляхом від'єднання подачі газу в камері згорання, у тих випадках, коли є порушення правил експлуатації котлового обладнання. Прикладами, таких ситуацій, коли потрібно аварійно відключати подачу газу є зниження його температури в запальнику від значення допустимого робочого рівня або погашення полум'я в котлі.

Гаряче водозабезпечення є обов'язковим елементом сучасних інженерних систем. Основну функцію гарячого водозабезпечення виконують рециркуляційні насоси (рис. 1.9).



Рис. 1.9. Вигляд рециркуляційного насосу.

Рециркуляційний насос дозволяє проводити циркуляцію води по трубах системи і підтримує поблизу водорозбірних точок температуру гарячої води.

1.4. Аналіз автоматизованих систем керування роботою промислових котлів

1.4.1. Системи керування промисловими котлами від фірми Комел.

Блоки управління і сигналізації для газових водогрійних та парових котлів “Комел СОщ» мають власну автоматику і працюють з блочними газовими пальниками. На рис. 1.10 показано зовнішній вигляд блока управління і сигналізації для таких типів котлів “КотБУС-1”.

					KI(м)-21.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20



Рис. 1.10. Зовнішній вигляд блока управління і сигналізації “КотБУС-1”.

Особливості даного блоку керування є наступними:

- за допомогою замикання ”сухих” контактів реле блока керування запускається пальник та регулюється теплова потужність за допомогою подачі відповідних сигналів;
- наявність додаткової функції керування димотягом промислового котла;
- удосконалене програмне забезпечення для блока керування, в якому виключена обробка непотрібних сигналів сенсорів полум’я, герметичності та положення засобів подачі палива (газу).

Блоки управління і сигналізації для газових водогрійних котлів з імпорнтними пальниками та твердопаливними котлами. На рис. 1.11 показано зовнішній вигляд блока управління і сигналізації для таких типів котлів “Комел БУС-75щ”.



Рис. 1.11. Зовнішній вигляд блока управління і сигналізації “Комел БУС-75щ”.

Особливості даного блоку керування є наступними:

					<i>KI(м)-21.01</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

- керування котлами в 3-х режимах (ручному, каскадному та дистанційному);
- керування групою промислових котлів за допомогою інтерфейсу RS-485;
- регулювання температури води (на виході котла та на подачі в котел);
- блокування запуску пального при виникненні технічних несправностей;
- система автоматичного захисту промислового котла в процесі його запуску, роботи та зупинки котла.

1.4.2. Системи керування промисловими котлами від фірми Спекон.

Спеціалізовані промислові контролери СПЕКОН призначені для автоматизованого управління паровими або водогрійними котлами, які працюють на газі або рідкому паливі (мазуті, дизпаливі і т.п.), а також котельнями, теплогенераторами, полум'яними печами та іншими технологічними об'єктами в різних галузях промисловості.

На рис. 1.12 показано вигляд блоку управління Спекон.



Рис. 1.12. Зовнішній вигляд блоку управління Спекон.

До основних функцій системи контролерів Спекон відносяться:

- формування команд на запуск і зупинку котла;
- автоматичне регулювання температури води перед котлами;
- керування насосами: мережевої води, холодної води, рідкого палива;
- ввід з клавіатури бази даних;

					<i>KI(м)-21.01</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		22

- тестовий режим;
- аварійний захист і сигналізація;
- вивід інформації на табло.

1.4.3. Системи керування промисловими котлами «АСУ-КТ».

Система «АСУ-КТ» виконує функції автоматичного керування роботою всіх вузлів і агрегатів котлоагрегату:

- керування вентиляторами і димовитягами;
- керування насосними агрегатами – мережевими та рециркуляційними;
- керування запірною і регулюючою арматурою подачі палива, води, повітря та газів.

На рис. 1.13 показано вигляд основного блоку керування системи «АСУ-КТ».



Рис. 1.13. Вигляд основного блоку керування системи «АСУ-КТ».

Логіка управління реалізується на середньому рівні системи, до якого відносяться щити силового керування із частотними перетворювачами і щит системи автоматичного управління котла з операторської панеллю для відображення параметрів на базі промислового програмованого логічного контролера (ПЛК) виробництва фірми Unitronics, який оснащено дискретними і аналоговими модулями введення/виведення, графічним сенсорним дисплеєм з кнопками управління, інтерфейсами цифрового зв'язку RS232/ 485, CANbus, Ethernet. Контролер виконує функції збору, обробки інформації, управління, регулювання та захисту котла від позаштатних

					<i>KI(м)-21.01</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

ситуацій, запуску попереджувальної і аварійної сигналізації, блокувань, видачі сигналів в штатну автоматику безпеки котла та інше.

До основних функцій системи “АСУ-КТ” відносяться:

- збір даних від встановлених датчиків і первинних перетворювачів, контроль стану і справності датчиків;
- обробка інформації, автоматичне регулювання і управління обладнанням котлоагрегату та виконавчими механізмами в реальному режимі часу за заданими алгоритмами у всіх режимах роботи;
- безперервна діагностика під’єданого обладнання і самодіагностика;
- організація попереджувальної і аварійної сигналізації;
- обмін інформацією з верхнім рівнем системи.

1.4.4. Системи керування промисловими котлами КБ “АГАВА”.

В основу архітектури АГАВА-6432.10 закладена ідея масштабованості. В якості одиниці масштабу вибрано індивідуальний пальник. У класі промислових котлів до 50 МВт число пальників може бути від одного до шести і більше.

Відповідно до цього підходу сімейство контролерів АГАВА-6432.10 будується за принципом: один котловий контролер і декілька блоків пальників. Котловий контролер відповідає за функції управління котлом: вентиляція, автоматичне регулювання параметрів, захист котла в цілому і т.д., а блоки пальників - за перевірку герметичності клапанів, автоматичний розпал, контроль параметрів пальника. Спрощена схема взаємодії модулів контролера з обладнанням двох пальників котла показано на рис. 1.14.

					<i>КІ(м)-21.01</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		24

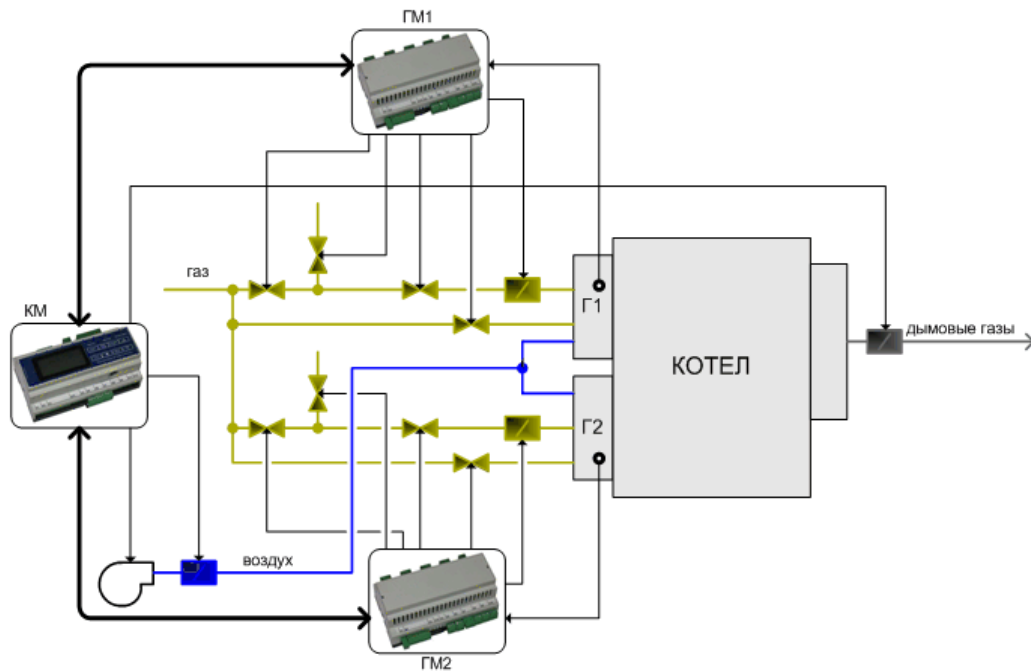


Рис. 1.14. Спрощена схема взаємодії модулів контролера з обладнанням двох пальників водогрійного котла.

До основних функцій системи керування від КБ “АГАВА” відносяться:

- захисне відключення агрегату у випадку аварії;
- автоматичний контроль герметичності газових клапанів;
- ведення архіву параметрів котлоагрегату;
- автоматичне запалювання пальників;
- автоматичне і дистанційне регулювання потужності котла;
- захист від неузгоджених дій оператора;
- автоматична підтримка рівня води (для парового котла);
- вивід на вбудований дисплей інформації про стан об'єкту;
- дистанційне керування котлом.

1.5 Постановка задачі

В магістерській кваліфікаційній роботі поставлена задача розроблення мікропроцесорної системи керування роботою промислового котла. Дана система повинна забезпечувати керування основних параметрів промислового котла (температурою води на вході, на подачі та на видачі, тиском) та інформувати про їх зміну оператора чи користувача у вигляді виводу параметрів на дисплей, систему індикації та засоби звукової сигналізації.

					<i>KI(м)-21.01</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

2. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ АПАРАТНИХ МОДУЛІВ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВИМ КОТЛОМ

2.1. Розробка структурної схеми мікропроцесорної системи керування промисловим котлом

Основним завданням розробленої автоматизованої системи керування промисловим котлом є підтримувати задані температури на вході і виході котла, вимірювання температури внутрішнього та зовнішнього повітря, слідкувати і регулювати тиск в циркуляційному та рециркуляційному насосах. Якщо температура менша від мінімальної то промисловий котел автоматично включається. Якщо ж температура піднімається вище максимально-допустимої тоді промисловий котел автоматично вимикається. Про включення котла повинен сигналізувати відповідний світлодіод “Промисловий котел увімкнений”. Для визначення температури використовуються цифрові датчики температури, а для визначення тиску в насосах використовуються аналогові сенсори тиску рідини. Також передбачена можливість ввімкнення відповідного світло діода, який сигналізуватиме про “помилку”, коли виникне збій при спрацьовуванні сенсорів температури і тиску. В розробленій мікропроцесорній системі є можливість виводити температуру у приміщенні на секції семисегментних індикаторів, а також для використовується блок управління та сигналізацією, який містить систему меню, рідиннокристалічний дисплей та звукову і світлову сигналізації для інформування оператора про нештатні ситуації в системі.

На рис. 2.1. зображена структурна схема мікропроцесорної системи керування промисловим котлом.

					KI(м)-21.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

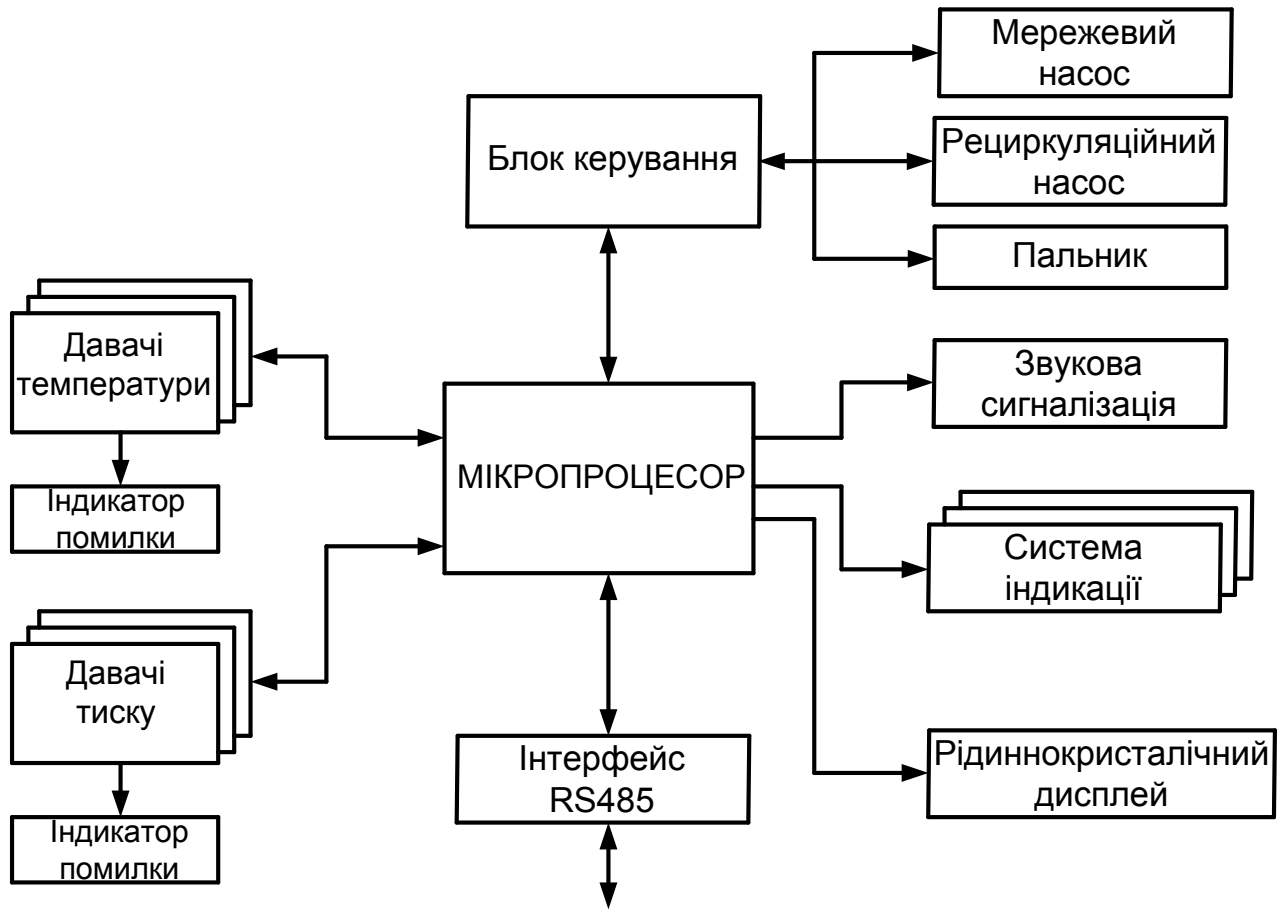


Рис. 2.1. Структурна схема системи керування промисловим котлом.

Мікропроцесор - це основний модуль у даній системі, який на основі спеціальних мікропрограм реалізує основний алгоритм роботи системою керування промисловим котлом. Мікропроцесор здійснює читання та запис показників температури знятих із температурних сенсорів, виводить отримані значення температури на рідиннокристалічний екран та блок індикаторів, опитує систему сигналізації та сенсорну систему основного меню, вмикає та вимикає реле керування промисловим котлом. А також мікропроцесором здійснюється читання та запис показників тиску рідини знятих із аналогових сенсорів тиску, виводить отримані значення тиску на рідиннокристалічний екран та блок індикаторів та реагує на зміну даних показників. Значення параметрів, які може змінювати оператор (користувач) записуються в енергонезалежну пам'ять даних мікропроцесора. Блок мікропроцесора аналізує стан зовнішніх сенсорів, органів керування і через порт виводу даних керує

релейними ключами, що вмикають виконавчі пристрої. Всі зміни, які відбуваються у системі відображаються на дисплеї та засобах індикації.

Блок давачів температури. У автоматизованій системі використано ряд давачів вимірювання температури води на подачі, на виході та температури зовнішнього повітря, які є основними елементами системи. Температурні покази в автоматизованій системі регулярно зчитуються мікропроцесором. Вимірювання температури відбувається з кроком у 0,2 градуса. Також до блоку давачів температури під'єднана схема індикатора "помилки".

Блок давачів тиску. Сенсори тиску використовуються для вимірювання тиску води та газу в системі, перетворення аналогових даних в цифрові і пересилання результатів до обчислювача, тобто дані отримані із здавачів обчислюються за допомогою спеціального поліному. Результати вимірювань відображаються на рідиннокристалічному дисплеї та семисегментних індикаторах.

Система індикації. В ролі основних модулів системи індикації використовуються багатосекційні семи сегментні індикатори, які дозволяють виводи цілі та дробові цифрові значення параметрів температури води та тиску в системі. Для виводу параметрів температури потрібно 3 індикатори (1 для десятків, 1 – для одиниць, 1 – для відображення значення після коми). Для виводу параметрів тиску потрібно 4 індикатори.

Блок керування. Даний блок складається із набору модулів реле, які на основі згенерованих сигналів керування мікропроцесором вмикають та вимикають основні елементи парового котла: мережевий насос, рециркуляційний насос та пальник. В автоматизованій системі керування можна також додатково встановлювати реле для керування системою кондиціонування зовнішнього повітря, наприклад можна встановити кондиціонер та керувати його роботою в автоматичному режимі.

Звукова сигналізація. В ролі елемента звукового інформування оператора чи користувача паровим котлом використано систему зовнішніх звукових динаміків на які автоматично виводиться сигнал тривоги, коли в системі

					<i>KI(м)-21.01</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		28

виникають помилки чи інші збої, які передбачені згідно правил та норм технічної експлуатації.

Рідиннокристалічний дисплей дозволяє відображати на екрані інформацію у символному та числовому вигляді, як правило більшість сучасних рідиннокристалічних дисплеїв дозюляють виводити на екран до 16 символів у два рядки.

Інтерфейс RS485. Використання даного інтерфейсу дозволяє використати його для зв'язку з персональним комп'ютером для оновлення та налаштування програмного забезпечення.

Мережевий насос призначений для забезпечення постійної циркуляції води в тепловій мережі.

Рециркуляційний насос дозволяє проводити циркуляцію води по трубах системи і підтримує поблизу водорозбірних точок температуру гарячої води.

Пальник виконує основну функцію забезпечення стабільного горіння палива в системі опалення промислового котла та керується блоком керування мікропроцесора.

2.2. Вибір мікропроцесора

Зростаюча продуктивність і простота застосування цифрових сигнальних процесорів (DSP) вивели їх на рівень серйозної альтернативи між мікроконтролерам та мікроконтролерним системам. Щоб ці процесори можна було застосовувати в пристроях управління вони повинні виконувати функції загального призначення. Для цього ядро повинне виконувати функції мікроконтролера, а до складу мікросхеми повинен входити відповідний набір периферійних пристроїв: таймерів, інтерфейсів, аналого-цифрових перетворювачів, модулів пам'яті.

Традиційні спеціалізовані мікроконтролери для задач управління, з невеликим розміром програми легко програмуються, але погано здійснюють обробку сигналів. Навпаки, традиційні DSP призначені для складної цифрової

					<i>KI(м)-21.01</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		29

обробки сигналів операцій над матрицями, складно програмуються і не зовсім підходять для додатків управління.

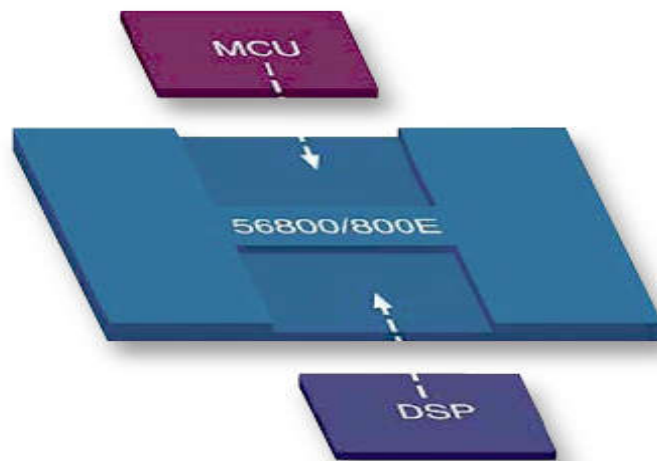


Рис. 2.2. Поєднання архітектури мікроконтролера та DSP.

У відповідь на збільшені запити споживачів фірма Motorola розробила нову архітектуру мікросхеми, орієнтовану як на виконання складних алгоритмів цифрової обробки сигналів, так і на рішення задач управління, що володіють наступними властивостями:

- команди, оптимізовані для управління, цифрової обробки, матричних операцій;
- компактний асемблерний і Сі-код;
- простота програмування;
- висока продуктивність і розширений адресний простір.

Цифрові сигнальні контролери (DSP) компанії Motorola знаходять застосування в таких областях, як: автомобільна промисловість (EPAS, гальмування, X-Wire, трансмісія, привід гідро- або пневморозподільника, стартери, датчики інерції, управління двигунами та промисловими котлами);

Сімейство мікросхем DSP568xx побудоване на базі ядра 16-розрядного процесора DSP56800E з фіксованою крапкою. Це ядро призначене для ефективного вирішення завдань управління і цифрової обробки сигналів. Реалізований в нім набір команд забезпечує цифрову обробку сигналів з

ефективністю кращих DSP загального призначення і відповідає вимогам простоти створення компактних програм управління.

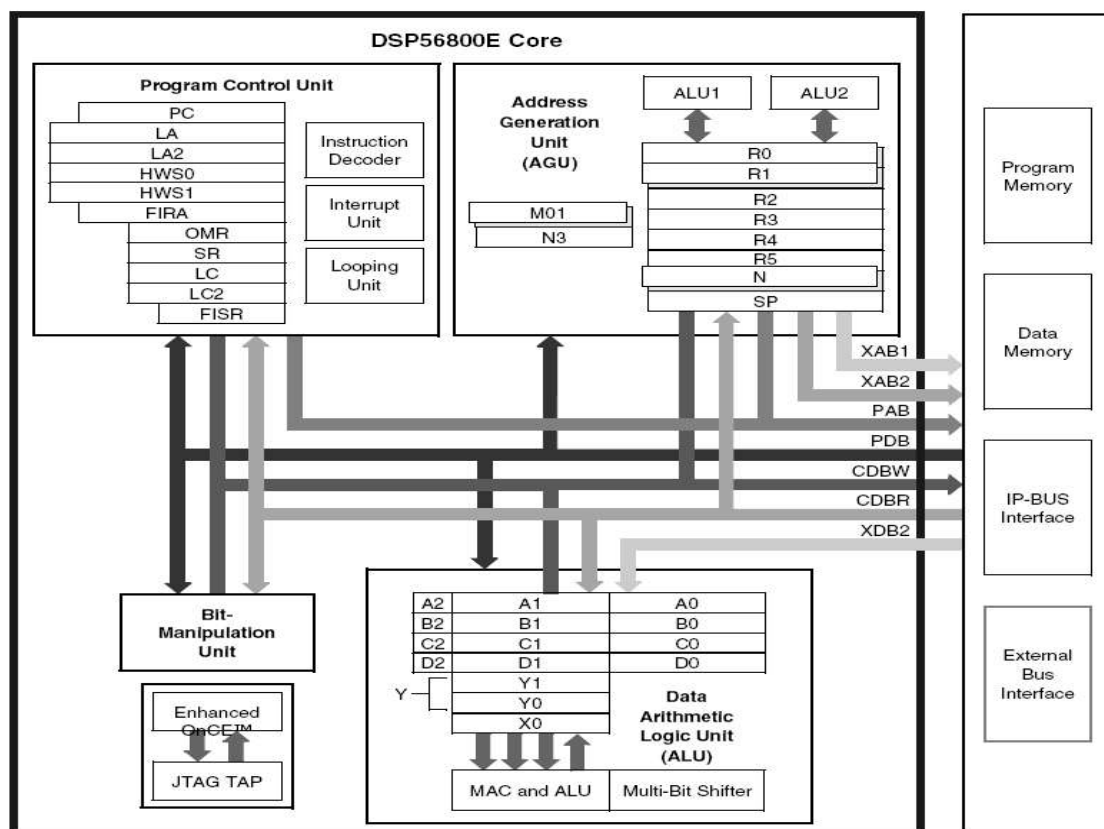


Рис. 2.3. Ядро мікропроцесора DSP56800E.

Ядро DSP56800E є програмованим 16-розрядним КМОП процесором, призначеним для виконання цифрової обробки сигналів в реальному масштабі часу і рішення обчислювальних задач. Ядро DSP56800E (рис.2.3) складається з чотирьох функціональних пристроїв: управління програмою, генерації адрес, арифметико-логічної обробки даних, обробки бітів. Для збільшення продуктивності операції в пристроях виконуються паралельно. Кожний з пристроїв має свій набір регістрів і логіку управління і організовано таким чином, що може функціонувати незалежно і одночасно з трьома іншими. Внутрішні шини адрес і даних зв'язують між собою пам'ять, функціональні і периферійні пристрої (регістри периферійних пристроїв розташовані в області пам'яті). Таким чином, ядро реалізує одночасне виконання декількох дій: пристрій управління вибирає першу команду, пристрій генерації адрес формує до двох адрес другої команди, а АЛП виконує множення третьої команди. Є

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

альтернативна можливість: у третій команді операцію може виконувати не АЛП, а пристрій обробки бітів. Конвеєрна архітектура дозволяє реалізувати паралельну роботу пристроїв, що входять до складу мікросхеми, і істотно скоротити час виконання програми.

Конвеєрна архітектура ядра DSP56800E оптимізована для забезпечення ефективності цифрової обробки сигналів, компактності програм управління і обробки сигналів, і зручності програмування. Нижче приведені деякі характеристики сигнального процесора:

- продуктивність 40 MIPS при тактовій частоті 80 Мгц і напрузі живлення 2.7.3.6 В

- наявність набору команд суміщеної обробки, що мають режими адресації, характерні для програм цифрової обробки сигналів

- одноктактний паралельний 16x16 помножувач-суматор
- два 36-розрядні акумулятори, включаючи біти розширення
- одноктактний 16-розрядний пристрій циклічного зсуву
- апаратна реалізація команд DO і REP
- три внутрішні 16-розрядні шини даних і три 16-розрядні шини адреси
- одна 16-розрядна шина зовнішнього інтерфейсу
- набір команд управління і цифрової обробки
- режими адресації такі ж, як в сигнальних процесорах, і команди, що

знижують об'єм програми

- ефективний компілятор мови 3 і підтримка локальних змінних
- стек підпрограм і переривань, що не має обмеження по глибині.

Передача даних в ядрі 56800E здійснюється за допомогою двох однонаправлених 32-розрядних шин:

CDBR - шина читання даних ядра,

CDBW - шина запису даних ядра, і двох однонаправлених 16-розрядних

шин:

PDB - шина читання команд (програм);

XDB2 - шина читання даних.

					<i>KI(м)-21.01</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		32

При одиночному доступі до пам'яті використовується шина CDBR для читання даних або шина CDBW для запису. Якщо одночасно відбуваються дві операції читання, передача йде по шинах CDBR і XDB2. У решті випадків обмін між блоками ядра йде по шинах CDBR і CDBW, доступ до периферії здійснюється по шині IP-BUS. Таким чином можлива одночасна пересилка до трьох 16-бітних слів. Протягом одного циклу можливо виконання двох операцій читання або одній операції запису даних одночасно з вибіркою команди. Ядро 56800 використовує для передачі даних три двонаправлених 16-розрядних шини:

- загальна шина ядра CGDB,
- шина передачі команд (програм) PDB,
- загальна периферійна шина PGDB (Peripheral Global Data Bus),
- одну однонаправлену 16-розрядну шину XDB2.

Для зв'язку із зовнішньою пам'яттю використовується окрема шина EDB. Процесорне ядро 56800 забезпечує виконання команд за один машинний цикл.

Набір команд процесора 56800E дозволяє виконувати арифметичні і логічні операції, зміщення, операції над окремими бітами, пересилання даних цикли і управління програмою. Арифметичні операції можна проводити над цілими і дробами числами, без знаку або із знаком, з округленням і без округлення. При виконанні арифметичних, логічних і операцій зсуву залежно від результату відбувається установка прапорів нульового або негативного результату переповнювання і перенесення. У набір арифметичних операцій входять команди складання ADD, віднімання SUB інкремента INC, декремента DEC, порівняння CMP, тестування TST, обчислення абсолютного значення ABS і зміни знаку числа NEG. Результатом команди часткового ділення DIV є один біт приватного. Ряд команд забезпечує виконання множення MPY і множення з накопиченням MAC, IMAC і ін., які часто використовуються в DSP-алгоритмах. До логічних операцій відносяться І (AND), АБО (OR), виключне АБО (EOR), інверсія (NOT) і підрахунок кількості одиниць або нулів (CLB). Арифметичні (ASL - вліво; ASR - вправо) і логічні (LSL - вліво; LSR -

					<i>KI(м)-21.01</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		33

вправо) зсуви можуть бути однорозрядними і багаторозрядними (ASLL, ASRR, LSRR), циклічні зсуви (ROL, ROR) - тільки однорозрядними. Реалізуються також команди зсуву з накопиченням (ASRAC LSRAC). Арифметичні і логічні операції а також зсуви можуть виконуватися над байтовими операндами, що адресуються 16-розрядним словом (позначається суфіксом .B), байтовими операндами що адресуються байтом (суфікс .BP) 16-розрядними операндами (суфікс .W), 32-розрядними операндами (суфікс .L) і 36-розрядними операндами - повним акумулятором (без суфіксів) Бітові операції використовуються для перевірки і зміни значень окремих біт у вибраному слові. Вибір біта для перевірки здійснюється по 16-розрядном шаблону, який задається безпосередньо у команді: перевіряються ті біти, які в шаблоні мають значення 1. Можлива проста перевірка значень вибраних біт з допомогою команд: BFTSTL - значення рівні 0 BFTSTH - рівні 1, або зміна їх значень після перевірки: команди BFSET - установка 1, BFCLR - скидання в 0, BFCHG - інвертування. Якщо всі вибрані біти встановлені в 1 (або при виконанні команди BFTSTL скинуті у 0), то в регістрі SR встановлюється прапор перенесення C=1. Окрема група команд призначена для виконання операцій обчислення ефективної адреси блоком формування адреси. У неї входять команди складання (ADDA), віднімання (SUBA), декремента (DECA), порівняння (CMPA), тестування (TSTA), зміни знаку (NEGA), зсуву (ASLA, ASRA, LSRA) і розширення нулем (ZXTA) або знаковим бітом (SXTA). Ці команди оперують з вмістом регістрів блоку формування адреси. Блок управління програмою в процесорному ядрі 56800E дозволяє ефективно реалізовувати цикли при допомозі апаратних засобів. Можлива реалізація повторення однієї команди (REP) або блоку команд (DO). Для зберігання адреси початку циклу використовується апаратний стек HWS – здвоєний 24-розрядний регістр, що входить в склад блоку управління програмою. Він зберігає вміст програмного лічильника дозволяючи організувати вкладений цикл. Команди пересилки дозволяють пересилати байти, слова і довгі слова (визначається суфіксом .B, .W, .L відповідно) із знаком (MOVE) або без знаку

					<i>KI(м)-21.01</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		34

(MOVEU) між пам'яттю регістрами і периферійними пристроями. Якщо включений режим арифметики з насиченням то при пересилці вмісту акумулятора у пам'ять або в периферійний блок його значення буде обмежено. Набір команд управління програмою включає команди умовних і безумовних переходів (JMP – безумовний Jcc - умовні) і галужень (Bcc, BRCLR, BRSET - умовні; BRA – безумовні), а також команди переходу до підпрограм (JSR) і повернення з підпрограм (RTS). У цю групу входять також команди програмного переривання і повернення з процедури обробки переривань (RTI). Програмні переривання можуть мати один з п'яти рівнів пріоритету (команда SWI - вищий, SWI #0-2 – проміжні, SWILP - нижчий).

Для підвищення ефективності роботи конвеєра передбачені затримувані переходи (JMPD) і розгалуження (BRAD). Виконання таких переходів відбувається після того, як завершиться виконання команд, завантажених в конвеєр. Це дозволяє уникнути затримок пов'язаних з очищенням і перезавантаженням конвеєра.

2.3 Вибір давача регулювання температури води

В сучасних електронних пристроях процес вимірювання температури є надзвичайно важливим, особливо, коли використовують дорогі малогабаритні комп'ютери та інші портативні пристрої із щільно упакованими електронними компонентами, які розсіюють потужність у вигляді теплової енергії. Знаючи температурні параметри системи можна їх використати для керування зарядом акумуляторних батарей та для запобігання пошкодженню дорогих мікропроцесорів та мікроконтролерів. Портативне обладнання, що багато споживає енергії часто містить вентилятор охолодження для підтримки внутрішньої температури на потрібному рівні. Щоб продовжити життєвий цикл акумуляторних батарей, вентилятор повинен спрацьовувати тільки в ті моменти часу, коли в цьому є необхідність. Точне керування роботою вентилятора вимагає знання критичних температур, які вимірюються за допомогою відповідних сенсорів температури.

					<i>KI(м)-21.01</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		35

Давачі температури використовуються:

- для процесів моніторингу (спостереження):
 - портативного устаткування;
 - вимірювання температури центрального процесора;
 - вимірювання температури акумуляторної батареї;
 - вимірювання температури навколишнього середовища;
- для процесів компенсації:
 - для компенсації дрейфу генератора в стільникових телефонах;
 - для компенсації температури холодного спаю термопар;
- для процесів керування:
 - зарядом акумуляторної батареї;
 - управління процесом утримання температури.

Спектр використання температурних датчиків надзвичайно широкий: від зарядних пристроїв до дорогих портативних приладів. Всюди, де характеристики системи залежать від температурних параметрів, застосовуються дані прилади.

Всі термодатчики, за винятком зібраних на інтегральних схемах, мають нелінійну залежність вихідного сигналу від температури. В минулому для корегування цієї нелінійності був розроблений широкий спектр аналогових схемотехнічних рішень. Ці схеми часто вимагали індивідуального калібрування. Щоб досягнути заданої точності, в даних схемах використовувалися прецизійні резистори. На даний час, завдяки наявності АЦП з високою роздільною здатністю, сигнали з датчиків можуть бути оцифровані безпосередньо, без попереднього підсилення і лінеаризації. Лінеаризація, компенсація напруги на опорному спаї і інша обробка виконуються потім цифровими способами, що дозволяє понизити складність і вартість вимірювальної системи.

Сучасні напівпровідникові сенсори температури забезпечують високу точність і лінійність вимірювання в робочому діапазоні від -55°C до $+150^{\circ}\text{C}$. Вбудовані підсилювачі можуть масштабувати вихідні сигнали датчика, приводячи їх до зручних величин, як, наприклад, $10\text{ мВ}/^{\circ}\text{C}$. Дані датчики також

					<i>KI(м)-21.01</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		36

досить корисно використовувати в ланцюгах компенсації температури холодного спаю для широкодіапазонних термопар.

Датчики температури, які мають цифрові виходи мають ряд переваг у порівнянні із датчиками які мають аналогові виходи, особливо у випадку дистанційних застосувань. Крім того, для забезпечення гальванічної розв'язки (ізоляції) між дистанційним сенсором та інформаційно-вимірювальною системою можна використовувати елементи опторозв'язки. Наприклад, функцію пристрою з цифровим виходом виконує датчик температури з напругою на виході, за яким слідує конвертор напруга-частота, хоча існують інші типи мікросхем, які є ефективнішими і мають додаткові переваги [5].

На рис. 2.4 зображено цифровий датчик температури DS18B20.

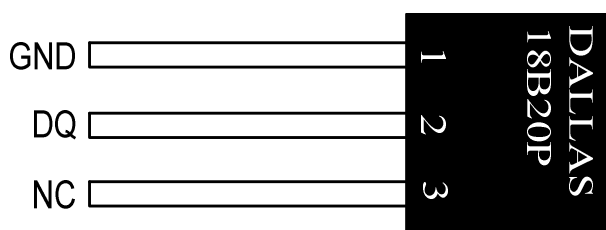


Рис. 2.4. Цифровий температурний давач DS18B20.

DS18B20 обмінюється даними з мікропроцесором DSP56800E за допомогою однопровідної лінії зв'язку, з використанням протоколу інтерфейсу 1-Wire.

Подача живлення на датчик відбувається безпосередньо від лінії даних, без використання зовнішнього джерела. В цьому режимі живлення датчика походить від енергії, яка накопичуються на паразитних ємностях.

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

Кожна мікросхема давача DS18B20 має унікальний серійний код довжиною 64 біти, який дозволяє декільком давачам до однієї загальної лінії зв'язку. Це означає, що через один порт мікроконтролера (мікропроцесора) можна обмінюватися даними з декількома давачами, які розподілені на значній відстані. Даний режим досить зручний для застосування в системах

екологічного контролю, моніторингу температури в будинках, офісах та інших спорудах.

Основна функція DS18B20 – перетворення температури сенсора в цифровий код. Роздільна здатність перетворення задається 9, 10, 11 або 12 біт. Це відповідає роздільній здатності - 0,5 (1/2) °С, 0,25 (1/4) °С, 0,125 (1/8) °С і 0,0625 (1/16) °С. При подачі живлення, стан регістра конфігурації встановлюється на роздільну здатність 12 біт. На рис. 2.5 зображена функціональна схема давача температури DS18B20.

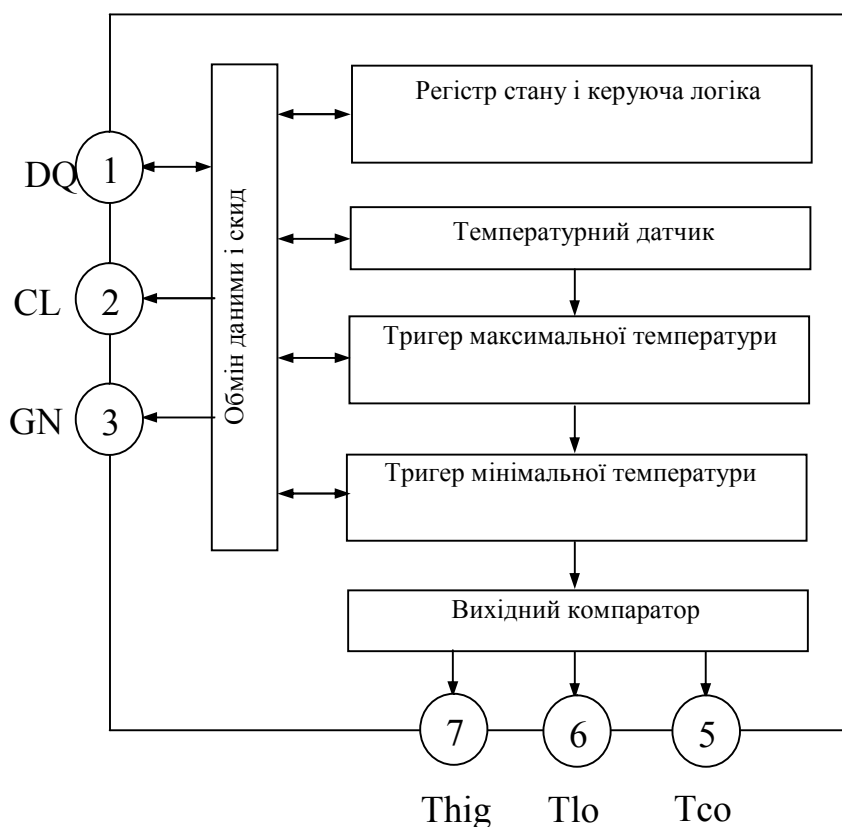


Рис. 2.5. Функціональна схема давача температури DS18B20.

При подачі живлення сенсор DS18B20 перебуває в стані економного (пониженого) енергопоживання. Для процесу виміру температури майстер (мікропроцесор) повинен виконати команду ПЕРЕТВОРЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ [44h]. Після завершення процесу перетворення, результат вимірювання температури записується у температурний регістр розміром 2 байти і давач знову перейде в стан спокою.

2.4 Вибір датчика регулювання температури зовнішнього повітря

Для контролю параметрів температури та вологості зовнішнього повітря часто застосовують датчики DHT. Сенсори DHT бувають двох версій: DHT11 та DHT22 (рис. 2.6). Їхній зовнішній вигляд майже однаковий. Внутрішні терморегулятори теж однакові. Основні їх відмінності – в технічних характеристиках:

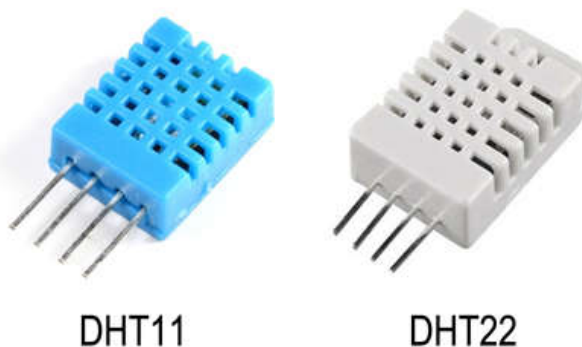


Рис. 2.6. Вигляд сенсорів температури та вологості DHT11 та DHT22.

DHT11:

- досить дешево коштує;
- система живлення від 3 до 5 В;
- максимальний струм споживання – 2.5мА при запиті даних;
- розрахований на вимірювання рівня вологості в діапазоні від 20% до 80%. При цьому точність вимірювань знаходиться в діапазоні 5%.
- дозволяє виміряти температуру в діапазоні від 0 до 50 градусів з точністю +/- 2%;
- вимірювальна частота не більше 1 Гц (один вимір в секунду).
- розмір корпусу датчика: 15.5 мм x 12 мм x 5.5 мм.

DHT22:

- дешевий;
- система живлення від 3 до 5 В;
- максимальний струм споживання – 2,5 мА при запиті даних;
- розрахований на вимірювання рівня вологості в діапазоні від 0% до 100%. При цьому точність вимірювань знаходиться в діапазоні 2% -5%;

- дозволяє вимірювати температуру в діапазоні від -40 до 125 градусів з точністю плюс-мінус 0,5 градусів за Цельсієм;
- частота вимірів до 0,5 Гц (один вимір за 2 секунди).

На основі поданих характеристик, сенсор DHT22 має більшу точність та більший діапазон вимірюваних значень. Два датчики мають один цифровий вихід. Відправляти запити до них можна не частіше ніж один або два рази в секунду. Дані сенсори не володіють особливою швидкістю і точністю, але вони прості у використанні та досить дешеві.

Внутрішня будова датчика складається з двох частин – ємнісного сенсора температури і гігрометра. Ємнісний сенсор призначений для вимірювання температури а гігrometer – для вимірювання вологості повітря. Мініатюрна мікросхема, яка розміщена всередині, дозволяє виконувати аналого-цифрові перетворення і формувати цифровий сигнал, який зчитується за допомогою мікропроцесора чи мікроконтролера.

Ці цифрові датчики засновані на протоколі, який для зв'язку використовує один провід з відкритим колектором, тому обов'язкова підтяжка резистором 5-10кОм до плюса живлення.

Мікропроцесор виступає в ролі майстра (ведучого пристрою) шини і відповідає за ініціювання зв'язку обміну даними. Датчики вологості і температури DHT11 та DHT22 будуть перебувати в якості веденого (підлеглого пристрою) і відповідати видачею даних, коли запитує мікропроцесор. На рис. 2.7 показаний протокол обміну даними між цифровими датчиками DHT та мікроконтролером чи мікропроцесором.

					<i>KI(м)-21.01</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		40

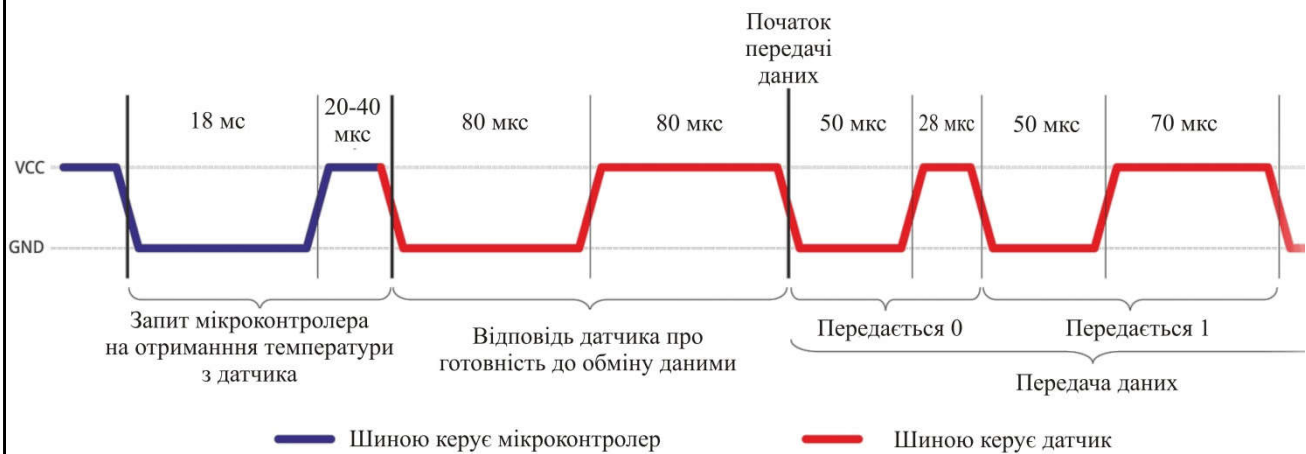


Рис. 2.7. Обмін даними між давачем температури і мікропроцесором.

Процес обміну даними можна описати за допомогою наступних кроків:

1. Мікроконтролер подає стартовий сигнал – “притягує” шину до землі на 18-20 мкс.;
2. Потім мікроконтролер “відпускає” лінію і стежить за рівнем на ній, приблизно 20-40 мкс.;
3. Сенсор, в процесі виявлення сигналу і очікування поки рівень знову стане високим, сам “притискає” шину до землі на 80 мкс., за цей час відбуваються вимірювання і перетворення результатів;
4. Далі давач DHT11 “відпускає” лінію на 80 мкс., що вказує на готовність відправки даних;
5. Потім давач відправляє 40 біт даних. Перед відправкою кожного біта датчик “притискає” шину до землі на 50 мкс., за яким слід 26-28 мкс. для логічного «0» або 70 мкс. для логічної «1»;

По завершенні зв'язку лінія витягується підтягуючим резистором і переходить в стан очікування.

Формат даних сенсорів DHT11 / DHT22

В процесі відправлення даних давач вологості і температури спочатку відправляє старший значимий біт MSb (Most Significant Bit). Дані від датчика передаються у вигляді формуючої посилки, що складається з 40 біт даних - це 5 байт з яких перших два байти призначені для параметра вологості, наступні 2 байти призначені для параметра температури і останній байт парності. Байт

парності дорівнює сумі попередніх чотирьох байт. Перший і другий байт містять відповідно цілу і дробову частину інформації про параметр вологості зовнішнього повітря, третій і четвертий байт містять цілу і дробову частину інформації про параметр температури. Для сенсора DHT11 другий і четвертий байти завжди нульові. Значення цих байтів полягає в наступному:

- перший байт: відносна вологість - ціла частина в процентах;
- другий байт: десята частина відносної вологості в процентах (нуль для DHT11);
- третій байт: ціла частина температури в градусах Цельсія;
- четвертий байт: десята частина температури в градусах Цельсія (нуль для DHT11);
- п'ятий байт: контрольна сума (останні 8 біт {1-й байт + 2-й байт + 3-й байт + 4-й байт})

2.5 Вибір давача тиску газів

Як правило більшість сенсорів тиску вимірюють різницю тисків, які підведені з різних сторін мембрани. При цьому, як правило, одне з них повинне бути підведене через порт підвода. Цей тиск зазвичай додається з боку п'езорезистивного мосту мембрани. Значення тиску, що використовується з протилежної сторони мембрани, дозволяє визначити тип давача і є опорним. Фірма Honeywell займається виробництвом давачів для вимірювання різнотипних значень тиску: абсолютний, диференціальний, надлишковий і вакуумний. На рис. 2.8 продемонстровано покроковий принцип дії давачів фірми-виробника Honeywell.

					<i>KI(м)-21.01</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		42

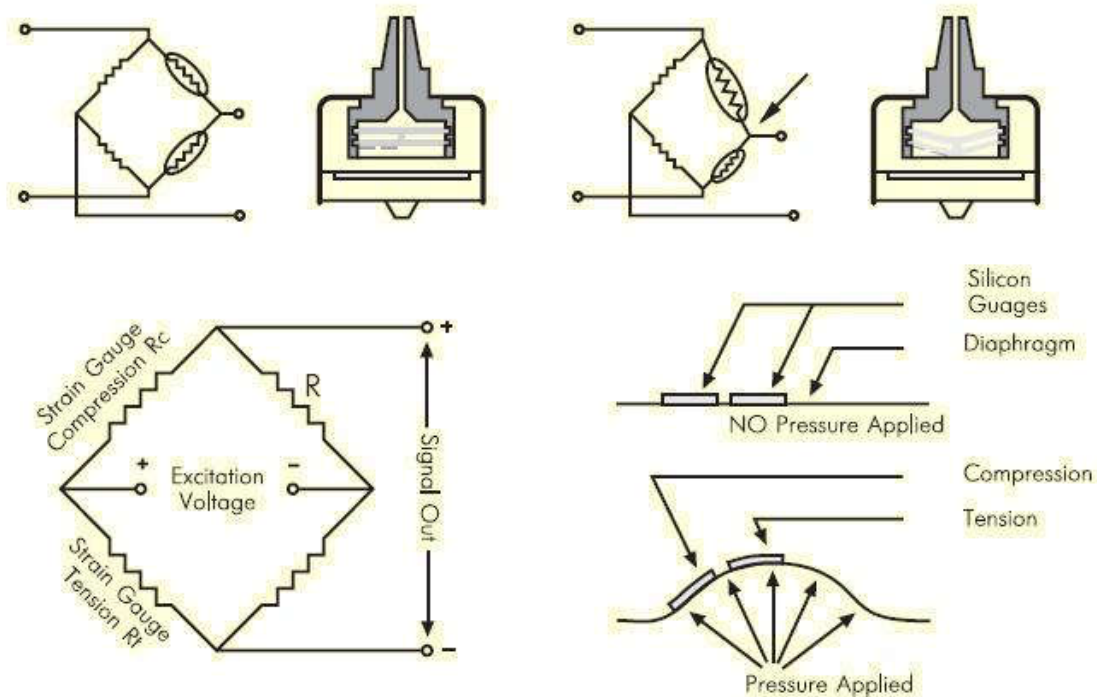


Рис. 2.8. Принцип дії давачів фірми Honeywell.

Більшість закордонних виробників виробляють здавачі таким чином, щоб диференціальний і надлишковий типи сенсорів були односпрямованими, тобто значення тиску у порті P1 повинно бути завжди більше значення тиску у порті P2, тому що діафрагма працює тільки в одну сторону. При виникненні ситуації, коли значення тиску P2 перевищить значення тиску P1, діафрагма не зруйнується, а це буде означати, що передавальна характеристика в такому випадку не буде визначена.

У здавачів фірми Honeywell існує багато так званих двонаправлених моделей, які здатні вимірювати одночасно як розріджений, так і надлишковий тиск тільки одного боку мембрани (тобто завдяки одному порту). Одним із таких сенсорів є давач серії HSC (рис.2.9). Оскільки сенсори тиску будуть використовуватися в промисловому котлі то їх навантаження буде значним і доцільно використати давачі цієї серії.



Рис. 2.9. Зовнішній вигляд давача тиску серії HSC.

Основні характеристики сенсорів тиску серії HSC є наступними:

- вимірювання абсолютного тиску;
- вимірювання диференціального та надлишкового тиску;
- калібрований і компенсований вихідний сигнал;
- 12-бітний цифровий вихід (за I2C сумісного протоколу);
- діапазони вимірюваного тиску $0 \dots \pm 5$, $0 \dots 10$, $0 \dots \pm 10$ д.вод.ст.;
- час відгуку 8 мс;
- стандартний DIP корпус;
- ASIC обробка даних;
- два способи розташування патрубків (D4/G2).

Цифрові датчики тиску газів (або повітря) серії HSC випускаються в стандартних DIP корпусах і дозволяють вимірювати інформацію про чутливість, температурний коефіцієнт та нелінійність в цифровому вигляді. Цифрові датчики тиску калібровані і разом зі спеціальною інтегральною мікросхемою (ASIC), мають схему температурної компенсації. Цифровий датчик тиску має 12-бітний I2C сумісний протокол передачі даних, що робить його сумісним практично з будь-яким мікроконтролером і мікропроцесором.

2.6 Система звукової сигналізації

В ролі елемента звукового інформування оператора чи користувача паровим котлом використано систему звукових випромінювачів на які автоматично виводиться сигнал тривоги, коли в системі виникають помилки чи інші збої, які передбачені згідно правил та норм технічної експлуатації. В разі виникнення такого сигналу автоматика реагує автоматично і приводиться

					KI(м)-21.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

відключення котла або інших його механізмів і оператор повинен прийняти подальші міри щодо перевірки несправностей та подальшої експлуатації котла.

2.7 Блок керування та індикації (сигналізації)

Вибрано блок керування та індикації науково-виробничого підприємства КОМЕЛ, який містить: рідиннокристалічний 2-х рядний символний індикатор (LCD дисплей), світлодіодні індикатори РОБОТА та АВАРІЯ, кнопки ПУСК, кнопки СТОП та кнопок основного меню (рис. 2.10).



Рис. 2.10. Блок керування та сигналізації "КОМЕЛ".

Рідиннокристалічний дисплей LCD1602A може містити плату конвертер для перетворення паралельного 8-бітного інтерфейсу дисплея в шину I2C, по якій він і підключається до мікропроцесора за адресою яка виставляється перемичками. Наявність послідовного інтерфейсу дозволяє спілкуватися з мікропроцесором за допомогою 2-х провідного зв'язку.

Контактні площадки A1 ... A3 потрібні для зміни адреси I2C пристрою. Запаюючи відповідні перемички, можна змінювати адресу пристрою. На рис. 3 наведено відповідність адрес і перемичок: «0» відповідає відсутності контакту, «1» - встановленій перемичці. За замовчуванням всі 3 перемички розімкнені і адреса пристрою 0x27.

					KI(м)-21.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Рідиннокристалічний дисплей LCD 1602A може одночасно відображати до 32 символів (16 символів, 2 рядки). Дисплей оснащений світлодіодним підсвічуванням, колір підсвітки може бути різним в залежності від модифікації.

Кнопка ПУСК призначена для виконання запуску роботи регулятора, кнопка ПУСК призначена для виконання зупинки регулятора у всіх режимах його роботи.

Призначення кнопок основного меню наступне: кнопка МЕНЮ призначена для входу в головне меню діалогового режиму коригування (фіксація відкоригованих значень), переходу з нижчого на вищий рівень структури повідомлень діалогового режиму, виходу з головного меню діалогового режиму в режим поточної інформації; кнопка ВИБІР призначена для входу в меню розділу (підрозділу) або в режим коригування і виконання коригування цифрового значення параметру або виконання команд та функцій; кнопка НАСТУПНИЙ призначена для вибору в діалоговому режимі повідомлень по ходу діалогу або переміщення мигаючого курсора на дисплеї зліва направо; кнопка ПОПЕРЕДНІЙ призначена для вибору в діалоговому режимі повідомлень проти ходу діалогу або переміщення коригованого (мигаючого) символу справа наліво.

Схема блоку керування подана на рис. 2.11.

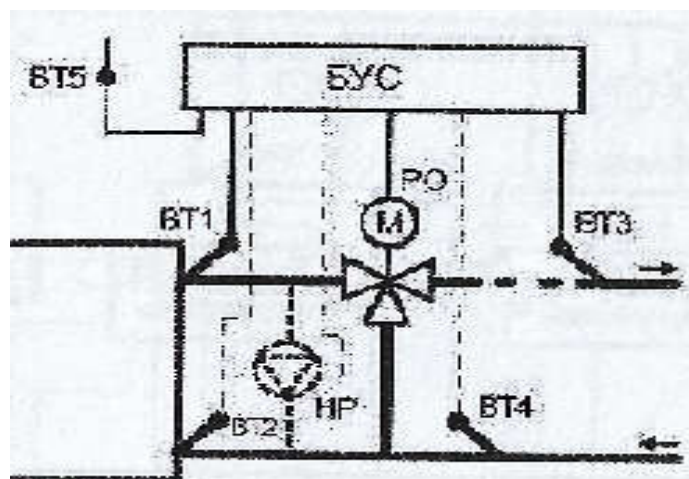


Рис. 2.11. Схема блоку керування фірми "КОМЕЛ".

Блок керування і сигналізації в промисловому котлі використовується для підтримання температури в місці встановлення датчика температури (ВТ3).

					KI(м)-21.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Характерною особливістю даної схеми є наявність на котлі 3-ходового змішуючого клапану (РО води) і рециркуляційного насосу, яким керує блок керування і сигналізації.

При роботі системи по наведеній вище схемі регулятором температури на виході котла автоматично підтримується задане значення температури, яке задається оператором або автоматично визначається оптимізатором температури на виході котла.

Регулювання температури на виході котла здійснюється шляхом змішування котлової і зворотної води з системи опалення 3-ходовим регулюючим клапаном, яким керує регулятор РО води. Регулятор порівнює значення температури виміряне здавачем (BT3) і в залежності від відхилення змінює положення клапану.

В такому режимі котел може працювати одночасно з іншими котлами і забезпечити підтримання температури на подачі.

Для роботи котла по такій схемі як мінімум потрібні сенсори температури на виході котла (BT1) і на подачі (BT3).

При наявності давача температури зворотної води (BT4) і рециркуляційного насосу на котлі блок керування забезпечує регулювання температури на вході в котел рециркуляційним насосом, а при наявності давача температури на вході в котел (BT2) і використанні функції пріоритету температури на вході в котел забезпечується пріоритетне підтримання заданого значення температури води на вході в котел. Дана функція виконується регулятором РО води шляхом обмеження температури на подачі до значення, при якому температура на вході в котел дорівнює заданому значенню, при цьому підвищення вхідної температури котла забезпечується одночасною роботою рециркуляційного насосу і зменшенням подачі зворотної води в котел.

При роботі по температурному графіку автоматичне ввімкнення-вимкнення промислового котла може виконуватися в залежності від зовнішньої температури.

До недоліків даної схеми відноситься:

					<i>KI(м)-21.01</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		47

- необхідність врахування вимог щодо мінімальної витрати води через котел і забезпечення реальних показів датчика температури котла при закритті потоку води через котел регулюючим клапаном (коли давач встановлений на вихідному патрубку, а не в тілі котла при закритті клапану температури всередині котла і в патрубку можуть дуже відрізнятись). Вирішити дану проблему можна обмеженням закриття 3-ходового клапану під час роботи пальника, автоматичним вмиканням рециркуляційного при закритті клапану або наявністю датчика температури безпосередньо в тілі котла)

- при пріоритетному підтриманні температури на вході в котел під час прогріву котла (системи) до виходу на робочий режим і при недостатній потужності котла можливе зменшення температури на подачі відносно заданого значення.

До переваг схеми відноситься:

- широкий діапазон регулювання температури на подачі (від температури зворотної води до температури на виході котла), що дозволяє використовувати котел безпосередньо для регулювання температури на подачі в систему опалення;

- якісне підтримання заданої температури на вході в котел і запобігання утворення конденсату в топці котла навіть в пускових режимах;

- при паралельній роботі двох або більше котлів автоматичне перекриття потоку води через непрацюючий котел без зміни загального гідравлічного опору системи.

2.8 Інтерфейс RS485

Інтерфейс RS-485 - досить поширений високошвидкісний послідовний інтерфейс передачі даних. Практично всі сучасні комп'ютери в промисловому виконанні, більшість інтелектуальних сенсорів і виконавчих модулів, програмовані логічні контролери поряд з традиційним інтерфейсом RS-232 містять в своєму складі ту чи іншу реалізацію інтерфейсу RS-485. Інтерфейс RS-485 побудований на основі стандарту EIA RS-422/RS-485.

					<i>KI(м)-21.01</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		48

Значення сигналів інтерфейсу RS-485 передаються за допомогою диференціальних перепадів напруги величиною (0,2 ... 8)В, що забезпечує високу стійкість і загальну довжину лінії зв'язку до 1 км (і більше з використанням спеціальних пристроїв - повторювачів). Інтерфейс RS-485 також дозволяє створювати мережі шляхом паралельного під'єднання багатьох пристроїв до однієї фізичної лінії (так зване "мультиплексування шин").

У звичайному IBM-сумісному персональному комп'ютері (не промислового виконання) цей інтерфейс відсутній, тому необхідний спеціальний адаптер - перетворювач інтерфейсу RS-485/232. На рис. 2.12 зображено локальну мережу, яка побудована на основі інтерфейсу RS-485, що об'єднує в мережі кілька приймачів-передавачів.

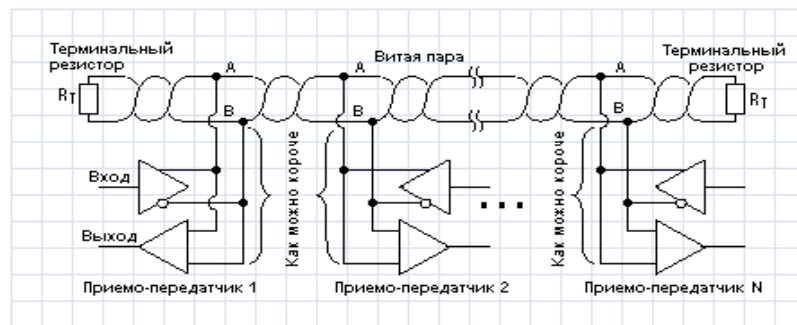


Рис. 2.12. Побудова локальної мережі на основі інтерфейсу RS-485.

Для передачі вимірних значень в інформаційно-вимірювальну систему через інтерфейс RS-485 часто використовують мікросхему фірми Maxim MAX481.

MAX481 – це мікросхема прийому/передачі лінії зв'язку з диференціалом низької потужності, яка розроблена для багатовузлового стандарту передачі даних RS485. Приймач має відмовостійку особливість, яка дозволяє гарантувати високу якість вихідного сигналу, коли входи залишаються відкритими.

Технічні характеристики MAX481:

- Швидкість (макс.), Мбод 2.5
- Пристроїв на шині 32
- Інтерфейс RS-485
- VCC, В від 4.75 до 5.25

- Тх, шт	1
- ІСС, мА	0.9
- Rх, шт	1
- ТА, °С	від -40 до 85
- Rх / Тх Enable	Так
- Корпус	DIP-8 SOIC-8 ВμМАХ-8

На рис. 2.13 зображено виводи та внутрішню структуру мікросхеми МАХ481.

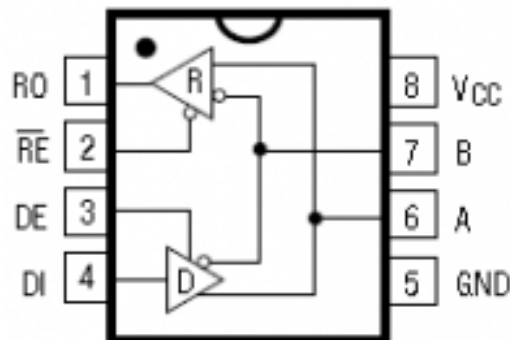


Рис. 2.13. Вигляд мікросхеми МАХ481.

Значення на входних і вихідних сигналах мікросхеми МАХ481 в режимі передавача показано в табл. 2.1.

Таблиця 2.1.

Мікросхема МАХ481 в режимі передавача

Вхід			Стан лінії	Вихід	
RE	DE	DI		B	A
X	1	1	Без помилок	0	1
X	1	0	Без помилок	1	0
X	0	X	X	Z	Z
X	1	X	Помилка	Z	Z

Рівні сигналів

В інтерфейсі RS-485 використовується диференційна схема передачі сигналу. Тобото рівні напруг на сигнальних ланцюгах А і В змінюються в протифазі, так як це показано на рис. 2.14.

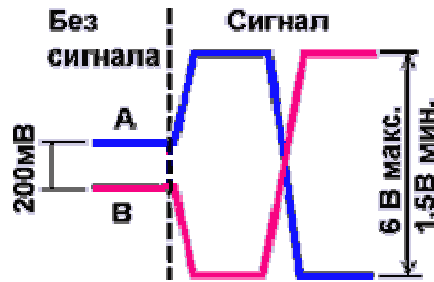


Рис. 2.14. Рівні напруг при передачі сигналів в інтерфейсі RS-485.

Передавач забезпечує рівень сигналу 1,5В при максимальному навантаженні (32 стандартних входи і 2 термінальних резистори) і не більше 6В на холостому ході. Вибрані рівні сигналів вимірюють диференційно, один сигнальний провід щодо іншого.

На стороні приймача RS-485 мінімальний рівень прийнятого сигналу повинен бути не менше 200 мВ.

2.9 Вибір системи автоматизованого проектування Proteus

Система проектування і моделювання електронних схем Proteus має широке впровадження в електроніці та великий набір віртуальних інструментів. На рис. 2.15 показано інтерфейс системи.

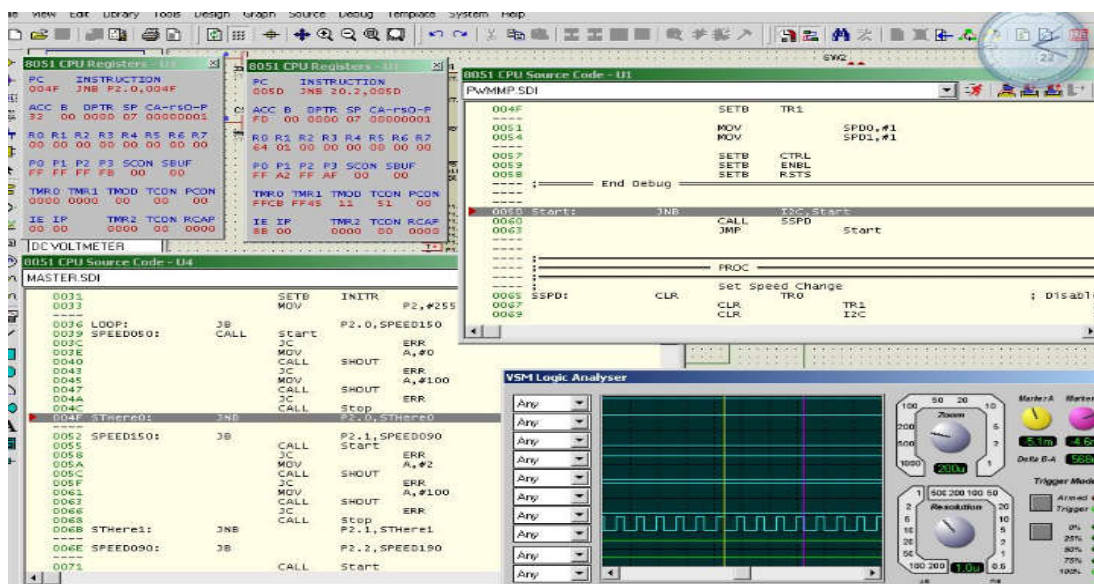


Рис. 2.15. Інтегроване середовище системи проектування Proteus.

До віртуальних інструментів системи Proteus відносяться:

- віртуальний осцилограф;
- віртуальний логічний аналізатор;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

- віртуальний таймер-лічильник;
- віртуальний термінал;
- віртуальний генератор сигналів;
- віртуальний генератор тестових послідовностей;
- аналізатор протоколу шини зв'язку I2C;
- аналізатор протоколу послідовної шини зв'язку SPI;
- віртуальні вольтметри і амперметри.

Вибір даної системи дасть можливість проводити проектування основних вузлів автоматизованої системи керування паровим котлом та досліджувати їх основні характеристики.

					<i>KI(м)-21.01</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		52

3. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВИМ КОТЛОМ

3.1. Розроблення електричної принципової схеми керування промисловим котлом

Основний принцип роботи проектованої системи автоматизованого керування промисловим котлом полягає у тому, що мікропроцесор постійно в реальному масштабі часу відслідковує зміни на системі візуалізації та сигналізації даних (блок індикаторів, рідиннокристалічний дисплей, світлодіоди), значення тиску з блоків аналогових сенсорів тиску та покази значень температур з блоку цифрових давачів температури. На основі вхідних даних від цих пристроїв відбувається автоматизована координація роботи системи за допомогою блоку керування, тобто генеруються основні команди та сигнали для керування роботою парового котла (сигнал увімкнення та вимкнення, аварійної роботи, і т.д.).

3.1.1. Під'єднання цифрових давачів температури.

Передача даних від цифрових сенсорів вимірювання температури води на вході та виході котла, температури зовнішнього повітря передається до мікропроцесора по послідовній шині, яку зображено на рисунку (рис. 3.1), але тільки у тому випадку, коли на вході синхронізації CLK мікропроцесора буде значення логічної "1".

					<i>KI(м)-21.01</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		53

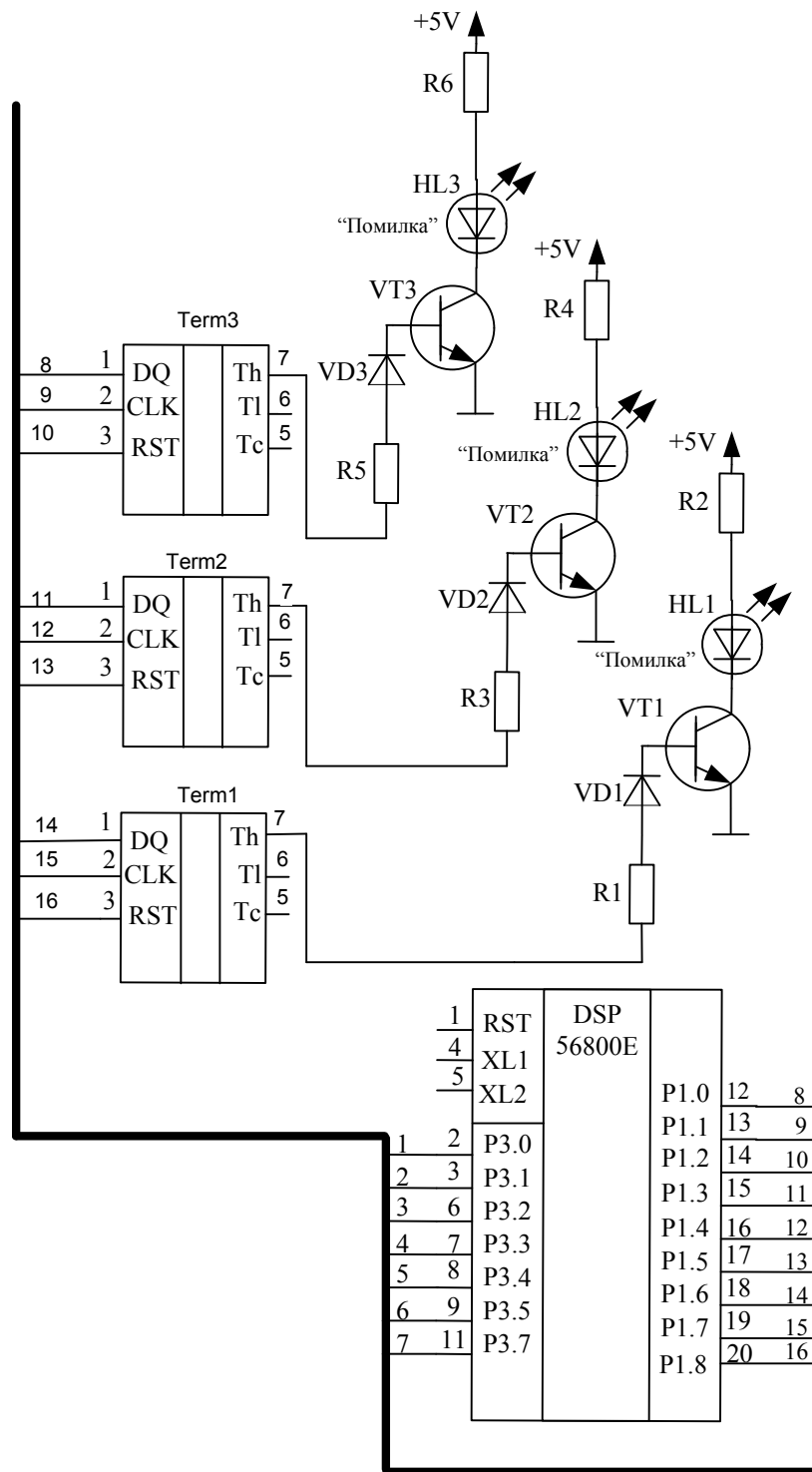


Рис. 3.1. Схема під'єднання цифрових сенсорів вимірювання температури.

Керування температурними сенсорами відбувається у два етапи:

- Спочатку у пам'ять мікропроцесора послідовно завантажуються команди керування;
- Проводиться запис в пам'ять 9-ти бітного число яке відповідає значенню температури.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Мікросхема має дев'ять слів для керування:

Read tmp (AAh): проводиться читання значення регістру, який містить результат останнього заміру - 9 біт даних;

Start conversion T (EEh): запуск процесу вимірювання температури. Дані не передаються;

Stop convert T (22h): зупинка процесу вимірювання. Передача даних не відбувається;

Write TH (01h) – проводиться запис найвищої температури;

Write TL (02h) – проводиться запис найнижчої температури;

Read TH (A1h) – проводиться зчитування значення найвищої температури;

Read TL (A2h) – проводиться зчитування значення найнижчої температури;

Також до блоку температурних датчиків входить блок світлодіодів “Помилка” (HL), який під’єднується до датчиків температури на пряму. Ввімкнення/вимкнення світлодіодів відбувається за допомогою транзисторних ключів, роль яких виконують транзистори VT1 і VT2. Резистори R11 і R12 призначені для зменшення напруги схеми (+5В) до тієї, яка необхідна для засвічування світлодіода (+2В). Струм у схемі – 10мА. Його опір розраховується згідно формули (3.1):

$$R = \frac{U_1 - U_2}{I} = \frac{5 - 2}{0,01} = 300 \text{ Ом} \quad (3.1)$$

Також мікросхема температурного сенсора DS18B20 може працювати в режимі термостата. Для цього вона має спеціальні регістри TH і TL. В дані регістри записується нижнє та верхнє порогові значення температури. Якщо в результаті проведених вимірювань температура буде нижчою від значення TL, то на виводі мікросхеми Tlow з’явиться логічна одиниця, а якщо вимірювана температура буде вищою від TH, то логічна одиниця з’явиться на виході Thigh. А також, мікросхема температурного датчика має комбінований вихід температури Tcom. Якщо температура є нижчою від TL, то Tcom=0 (логічному нулю), якщо температура вища від TH – то Tcom=1 (логічна одиниця). Інакше

					<i>KI(м)-21.01</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		55

вихід T_{com} буде перебувати в стані високого імпедансу (третьої стан).

До блоку давачів температури також під'єднано індикатор "помилка", він спрацьовує в ті моменти часу, коли температура більша від порогового значення T_{high} , тоді на вихід подається сигнал логічної одиниці, що відкриває біполярний р-п транзистор і світлодіод засвічується, сигналізуючи про помилку в системі, тобто про перевищення температурного значення 35°C .

3.1.2. Під'єднання аналогових давачів тиску.

Давачі тиску під'єднується до аналогових входів AIN1, AIN2 вхідного аналогового мультиплексора (AMUX) з виходів якого аналогові сигнали проходить шлях через додатковий вхідний буфер (IBUF), підсилювач з програмованим коефіцієнтом підсилення (APGA), дельта-сигма модулятор, програмований цифровий фільтр, апаратний додавач та попадає на ядро мікропроцесора. Давачі тиску під'єднуються до мікропроцесора через аналогові виходи V_{out1} , V_{out2} до аналогових входів мікроконтролера AIN1, AIN2 так як показано на рис.3.2.

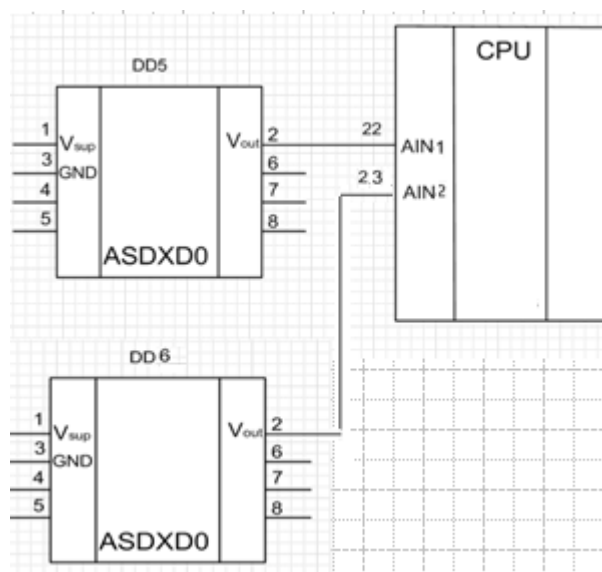


Рис. 3.2. Під'єднання давачів тиску до мікропроцесора.

Таблиця.3.1

Призначення виводів давача тиску

Pin	Назва	Тип	Опис
1	V_{supply}	Вхід живлення	Джерело живлення

2	V_{out1}, V_{out2}	Аналогові виходи	забезпечує аналоговий вихід
3	GND	земля	Вивід земля

Інші 5 виводів мікросхеми не використовуються.

Напруга аналогових виходів (V_{out1}, V_{out2}) залежить від значення сили тиску і обчислюється згідно наступних виразів (3.1) і (3.2):

$$\text{Output}(V_{out1}) = (0,85 * V_{sup.} / P_{max1} - P_{min1}) * (P_{reassure_{applied}} - P_{min1}) + 0,1 * V_{sup.} \quad (3.1)$$

$$\text{Output}(V_{out2}) = (0,85 * V_{sup.} / P_{max2} - P_{min2}) * (P_{reassure_{applied}} - P_{min2}) + 0,1 * V_{sup.} \quad (3.2)$$

На рис. 3.3. показана залежність вихідної напруги (V_{out}) від мінімальних і максималних значень тиску (P_{min}, P_{max}).

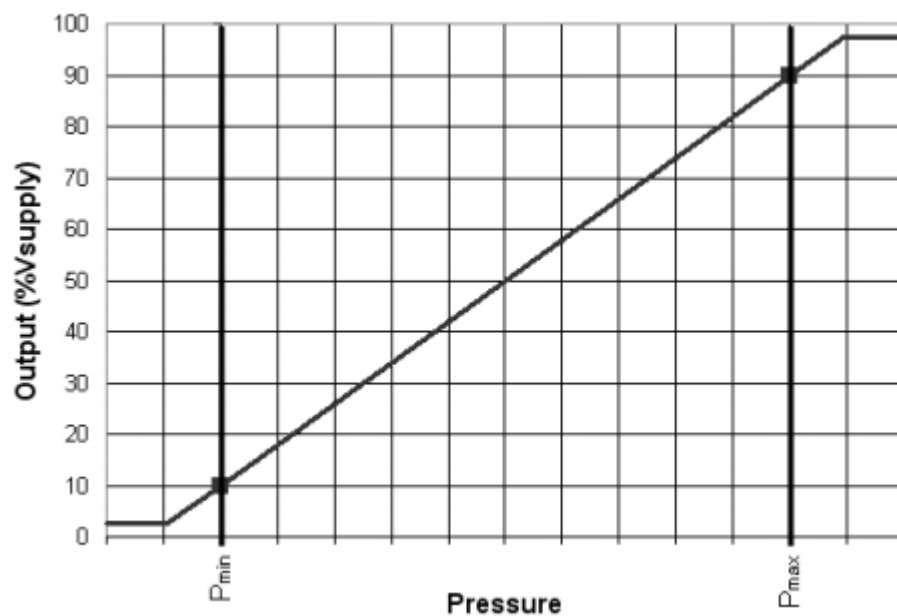


Рис. 3.3. Залежність вихідної напруги від тиску.

Як видно з графічної залежності значення тиску зростають лінійно із збільшенням значення вихідної напруги.

3.1.3. Система індикації пристрою керування котлом.

Для проектування системи індикації автоматизованої системи керування промисловим котлом використано мікросхему MAX7219 фірми Maxim Integrated. Дана мікросхема являє собою компактний драйвер світлодіодних індикаторів із загальним катодом. Драйвер призначений для зв'язку дисплею із 8 семисегментних індикаторів з мікропроцесором.

На рис. 3.4 показано під'єднання до мікропроцесора одного сегменту семисигментного індикатора.

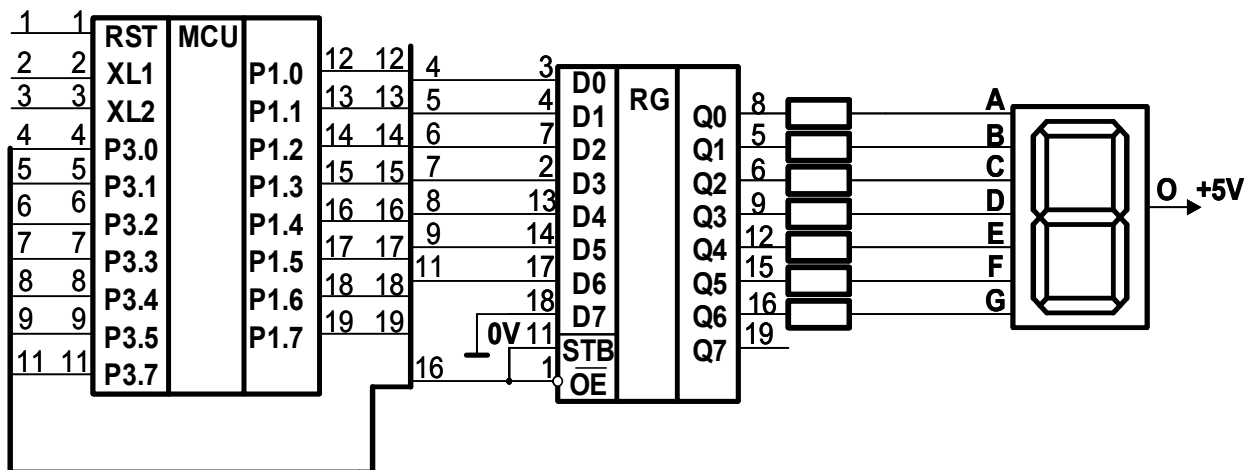


Рис. 3.4. Схема під'єднання одного семисигментного індикатора.

Регістр RG призначений для того, щоб одноразово прийняти число від мікропроцесора яке необхідно вивести на індикатор, зберегти його і потім постійно подавати на входи індикатора.

Оскільки у проектованій схемі є два блоки по 4 семисегментних індикатори то потрібно використати дешифратор для того, щоб для кожного регістра виділити окрему лінію керування.

3.1.4. Підсистема вводу інформації.

Автоматизована система керування промисловим котлом включає в себе кнопки натискання (ПУСК та СТОП) та блоку сенсорних кнопок основного меню. З їх допомогою можна керувати системою опалення. Для отримання інформації з блоку сенсорних кнопок використано шинний формувач (BD), який має 8 входів і виходів, а також два керуючих входи. Керування шинним формувачем здійснюється за допомогою одного із програмованих портів мікропроцесора. Для того, щоб перевірити стан кнопок потрібно подати на вхід керування шинним формувачем (TF) логічну одиницю, тоді шинний формувач буде працювати в режимі з права на ліво, а при подачі логічного нуля шинний формувач працює зліва на право. Керуючий вхід шинного формувача (TF) під'єднується до землі (занулюється), для того щоб шинний формувач працював тільки в режимі зліва на право. На рис. 3.5 показана схема

під’єднання кнопок ПУСК і СТОП та блоку сенсорних кнопок керування командами основного меню.

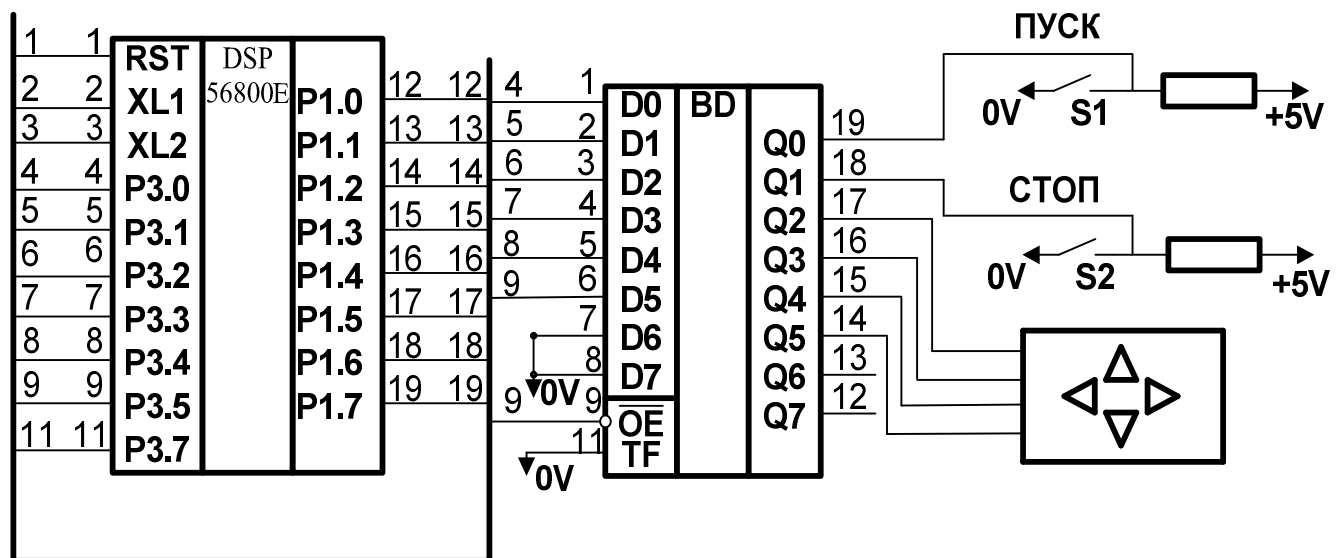


Рис. 3.5. Схема підключення клавіатури.

Якщо оператор чи користувач натисне кнопку то на вході мікропроцесора формується сигнал логічного ”0”, який формується внаслідок замикання порта із землею, коли кнопку не натискати то на вході мікропроцесора буде сформовано сигнал логічної ”1”, який формується внаслідок спаду напруги живлення (+5В) на резисторі (R). Номінал резистора вибирається виходячи із значення входньої напруги для лінії портів вводу/виводу мікропроцесора, також це значення можна отримати у даташиті (технічному описі) мікропроцесора.

У проєктованій системі кнопка **S1** – використовується для запуску промислового котла (ПУСК), а кнопка **S2** – для зупинки його роботи (СТОП), блок сенсорних кнопок дає можливість оператору або користувачу працювати в двох режимах (режимі поточної інформації та діалоговому режимі). Режим поточної інформації дозволяє автоматично відображати на дисплеї основну інформацію, що характеризує поточний стан і параметри роботи котла під час тестування, підготовки, запуску і прогріву, роботи та зупинки котла. Діалоговий режим призначений для зміни робочих параметрів блоку керування та котла та допоміжних функцій при оперативному керуванні роботою котла.

3.1.5. Під'єднання блоку керування котлом.

Для ввімкнення основних вузлів парового котла використано блок електромагнітних реле К1 та К2. Перше реле (К1) використовується для ввімкнення та вимкнення пальника, який виконує основну функцію забезпечення стабільного горіння палива. Друге реле (К2) використовується для ввімкнення та вимкнення рециркуляційного насосу, який дозволяє проводити циркуляцію води по трубах системи і підтримує поблизу водорозбірних точок температуру гарячої води.

Електромагнітні реле вмикаються за допомогою реалізованих в схемі транзисторних ключів на базі транзисторів VT. Для зменшення логічної одиниці до відповідного рівня напруг, який дозволяє відкрити р-п перехід транзисторів використовуються резистори R. На рис. 3.6 показана схема під'єднання блоку керування та блоку реле.

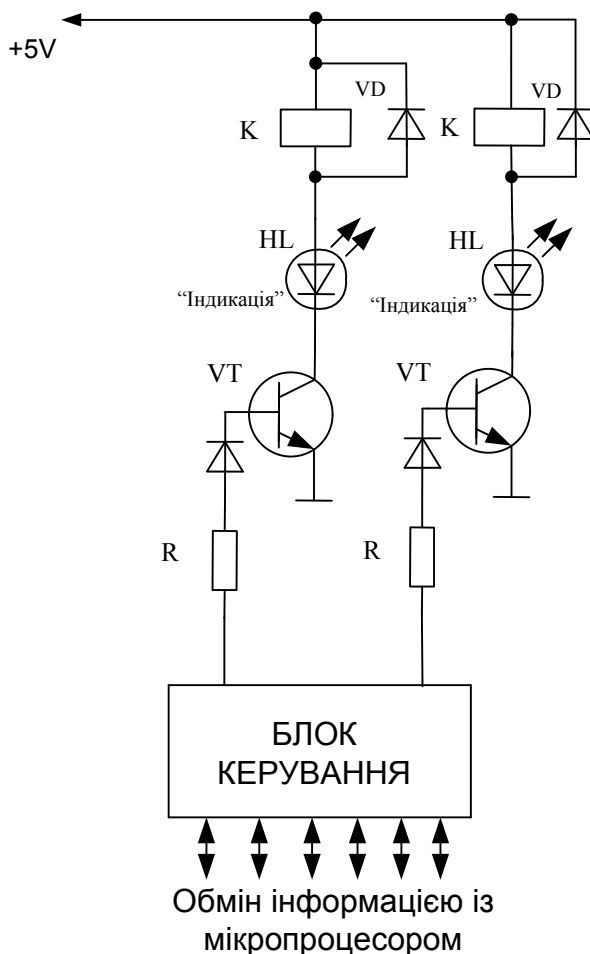


Рис. 3.6. Схема під'єднання блоку керування та блоку реле.

Розрахувати опір даних резисторів в схемі можна шляхом застосування закону Ома. Напруга логічної одиниці приблизно 3В, а база транзистора відкривається при напрузі 0,5В. Струм у колі становить 10мА. Отже:

$$R = \frac{U_1 - U_2}{I} = \frac{3 - 0.5}{0.01} = 250 \text{ Ом} \quad (3.2)$$

Електромагнітне реле – це котушка індуктивності із рухомим осердям. При подачі напруги на виводи котушки виникає електромагнітне поле, в результаті чого осердя котушки рухається і замикає контакти кола високої напруги. Таким чином, будь-яке електромагнітне реле має 4 виводи – два виводи котушки, і два виводи кола високої напруги. Схема під'єднання блоку реле до системи практично не відрізняється від схеми під'єднання світлодіодів. Під час спрацювання транзистора у котушці виникає електрорушійна сила самоіндукції. Тому для захисту елементів принципової схеми МКС використовуються діоди VD. Основним параметром реле є напруга спрацювання, яка для даної схеми рівна 12В, а також максимальна напруга і струм для кола високої напруги.

3.1.6. Інші елементи схеми.

Кварцовий резонатор призначений для задання частоти мікросхеми та під'єднується до ніжок мікропроцесора XL1 та XL2. (рис. 3.7). Як правило частота рівна 80МГц. Але ця частота в мікропроцесорі DSP56800E ділиться на 8, тому він працює реально на частоті 10МГц.

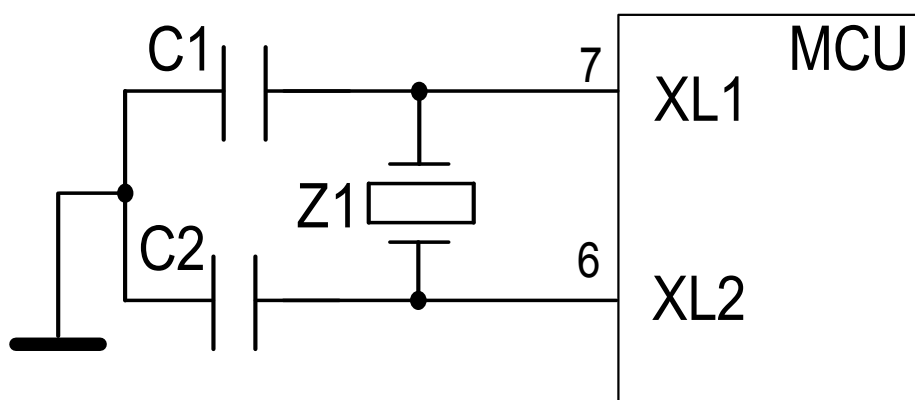


Рис. 3.7. Схема під'єднання кварцевого резонатора до мікропроцесора.

Роз'єм подачі живлення системи. Використовується для подачі живлення на схему (рис. 3.8).

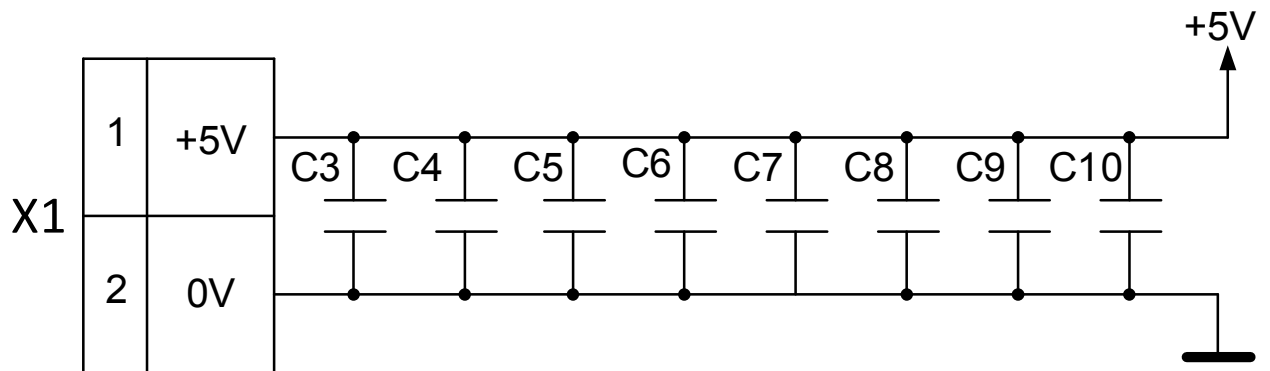


Рис. 3.8. Роз'єм подачі живлення системи.

Для захисту мікросхем давачів, які використовуються в системі керування температурою і тиском від паразитних ємностей, що виникають між лініями системи живлення та заземлення, використовуються узгоджуючі конденсатори С1 –С8.

Резистор R10 служить для зменшення напруги +5В до рівня логічної одиниці (+3В). Його опір повинен становити: $R = \frac{U_1 - U_2}{I} = \frac{5 - 3}{0,01} = 200 \text{ Ом}$.

3.2. Режими роботи промислового котла.

До основних режимів роботи промислового котла відносяться режими:

1. Часовий режим роботи котла
2. Температурний режим роботи котла

Часовий графік дозволяє на протязі тижня для кожної доби задавати шість часових інтервалів, для яких оператора (користувач) може задавати певні корегування до заданого значення температури води на подачі, яка задається з клавіатури блоку управління та сигналізації або може визначатися автоматично по температурному графіку і таким чином забезпечується автоматична зміна температура води при її подачі в часі.

Часовий графік також може бути використаний для організації автоматичного запуску чи зупинки каскаду (окремого котла при настроюванні температури води на подачі) в заданий час, якщо їх робота виконується по температурному графіку. Для зупинки каскаду або окремого котла по часовому

графіку необхідно, щоб сумарне значення заданої температури подачі із часовою поправкою були менше значення заданої мінімальної температури на подачі.

По своїх індивідуальних конструктивних особливостях кожен будинок в залежності від його побудови та утеплення має свою віддачу тепла в навколишнє середовище. Тому оператор (користувач) для забезпечення постійного заданого значення температури повітря в приміщенні повинен знайти для заданої будівлі необхідну залежність зміни температури води на подачі, яка компенсує зміни втрат тепла при зміні температури зовнішнього повітря. Дана залежність визначається параметрами температурного графіка, які можна переглянути і відкоригувати.

На рис. 3.9 показано параметри типового температурного графіку.

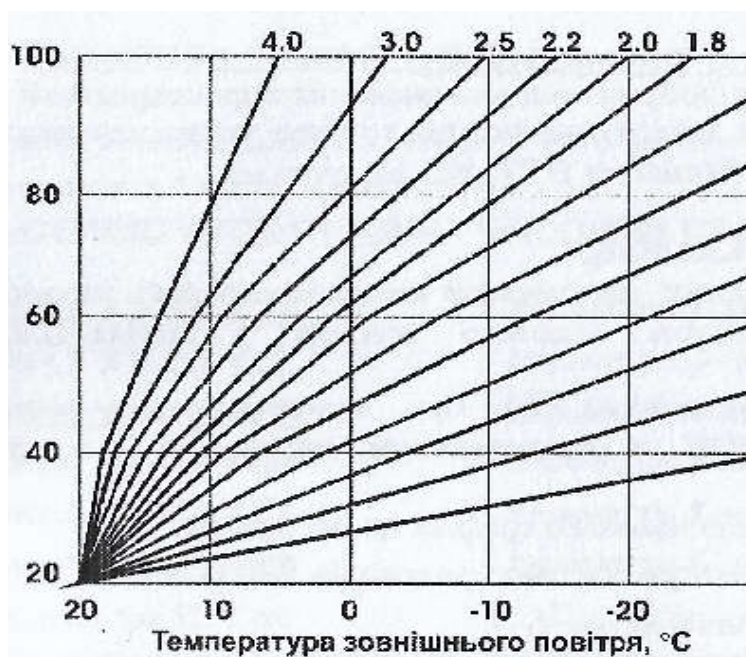


Рис. 3.9. Параметри типового температурного графіку.

На рис. 3.10 показано параметри нетипового температурного графіку.

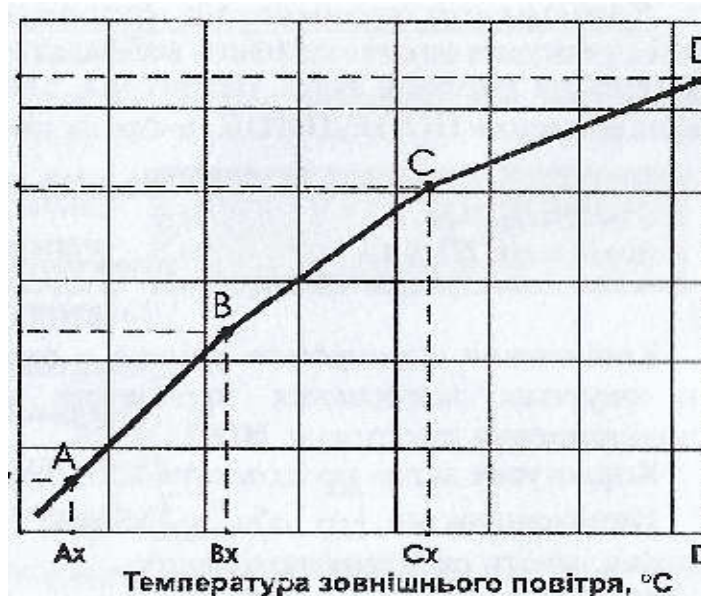


Рис. 3.10. Параметри нетипового температурного графіку.

Зміщена крива типового або нетипового графіка або так званий параметр зміщення температурного графіка забезпечує підтримку необхідної температури повітря в приміщенні і є температурним графіком системи опалення.

Поточний заданий параметр температури води системи опалення індикуюється в підрозділі “Поточні параметри” основного меню системи керування як порівняння із заміряним значенням температури води.

Регулятор може забезпечити підтримання температури води на виході котла згідно позиційного або ПІД-закону регулювання.

Для двохпозиційних пальників може використовуватись тільки алгоритм позиційного регулювання, для модульованих і прогресивних двохпозиційних пальників може використовуватися позиційний або ПІД алгоритм.

При використанні ПІД-закону регулювання виконавчий пристрій має забезпечити переміщення РО газу з постійною швидкістю. Регулювання виконується шляхом порівняння значення температури води на виході котла, виміряного сенсором ВТ1, із заданим і відповідною зміною положення РО газу.

Якість роботи використаного регулятора залежить від правильно визначених і заданих параметрів його роботи.

3.3. Розроблення блок-схеми алгоритму керування промисловим котлом

Для даного мікропроцесора використано прошивку написану на мові низького рівня Assembler. Виконавча програма для даного пристрою є великою за розміром і складається з наступних частин:

- 1) оголошення констант та змінних;
- 2) функції початкової ініціалізації;
- 3) основної програми;
- 4) функції виводу даних на індикатори;
- 5) функції для обміну даними з давачами температури.
- 6) функції для обміну даними з давачами тиску.

Оголошення змінних.

tmp1 DS.1 / змінна яка задає температуру води на вході

tmp2 DS.1 / змінна яка задає температуру води на подачі

tmp3 DS.1 / змінна яка задає температуру води на виході

stan_knopka DS.1 / змінна яка вказує стан кнопок, її можна змінювати

Процедура початкової ініціалізації.

При виконанні початкової ініціалізації виконується початковий запис всіх вимірних даних температури і тиску. У цій частині програми цим змінним присвоюються певні початкові значення, а також проводиться запис початкових значень у блоки сенсорів та на індикатори. В результаті цього на індикаторах засвітиться поточне значення температури та тиску знятих із сенсорів.

На рис. 3.11 показано узагальнюючу блок-схему основного алгоритму роботи системи керування промислового котла.

					<i>KI(м)-21.01</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		65

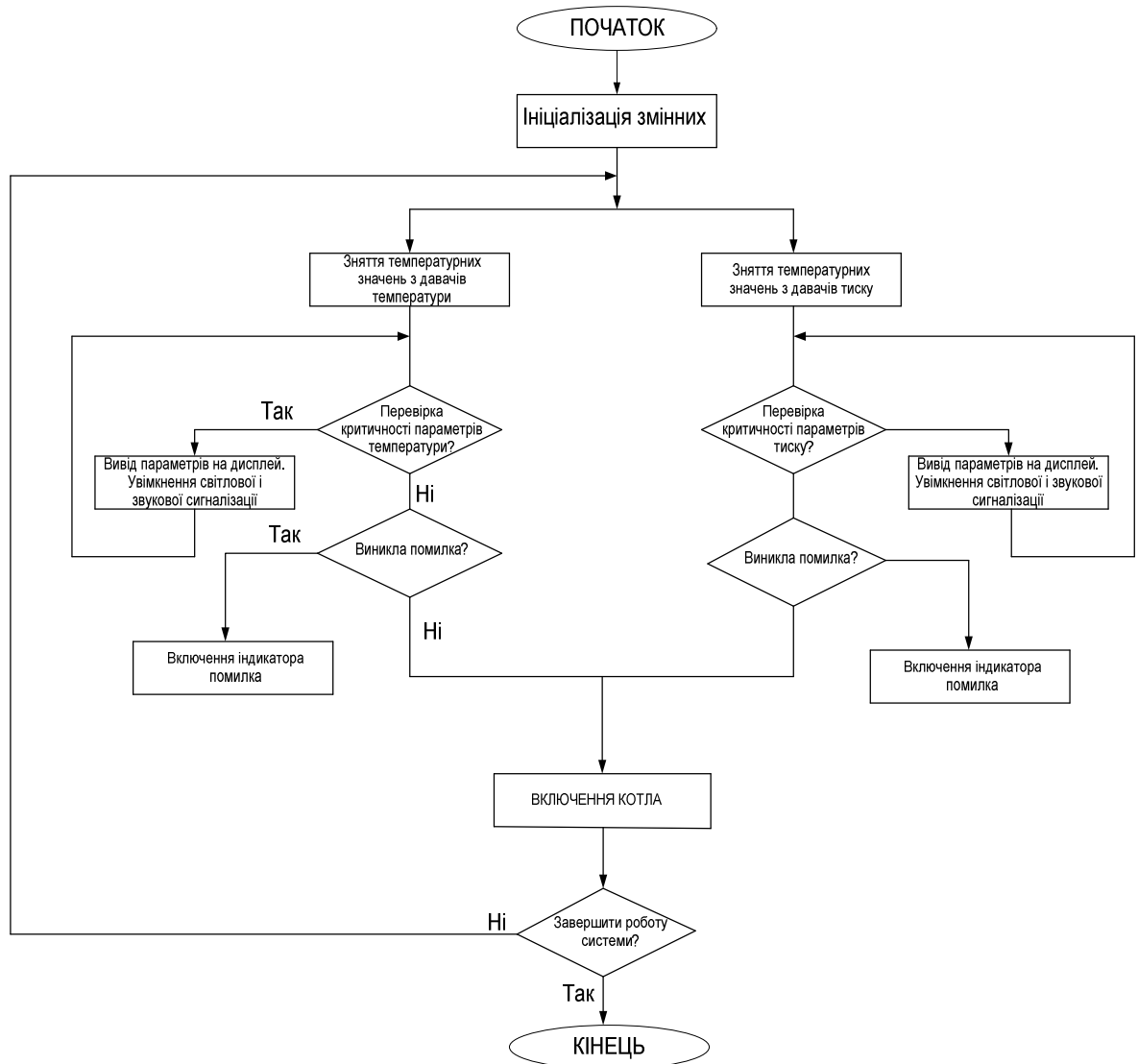


Рис. 3.11. Блок-схема алгоритму основної програми.

Блок-схема алгоритму основної програми працює наступним чином: спочатку відбувається ініціалізація змінних, далі знімаються цифрові покази значень температури і тиску з блоків датчиків температури і блоків датчиків тиску. На наступному кроці отримані значення параметрів температури води на подачі, на вході і виході котла та значення параметрів тиску води, диму та газу порівнюються із критичним параметрами, якщо вони їх не перевищують виконується наступний крок а якщо є перевищення то ці дані виводяться на дисплей і систему індикації та вмикається світлова і звукова сигналізація, процес повторно повертається на етап перевірки. Коли виникає помилка при

передачі даних температури і тиску то на індикаторах висвічується сигнал помилки. Якщо все гаразд відбувається включення котла.

Функція виводу значення температури на індикатори.

Було використано дві функції для виводу даних на індикатори. Перша з них виводить на індикатори значення температури а друга значення після коми. Під час виводу на індикатор потрібно вивести з двійкового числа десятки та одиниці, а потім одне значення після коми. Це робиться шляхом віднімання від числа десятків доти, поки результат не буде менший десяти. Тоді кількість віднімань буде кількістю десятків, а залишок буде кількістю одиниць, значення після коми передається окремо. Цю процедуру можна розділити на дві, спочатку виводимо значення температури на два перші індикатори, потім крапка, а вже потім значення після коми.

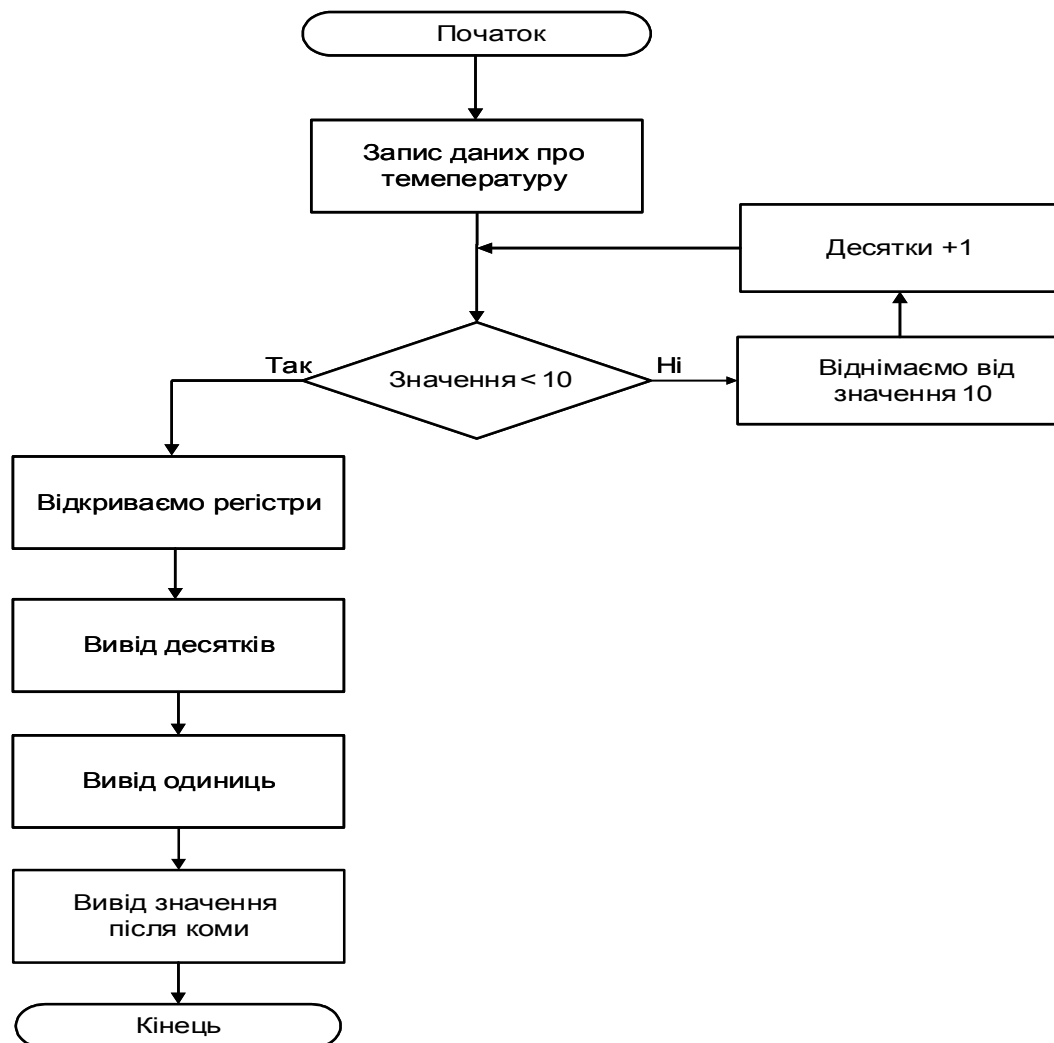


Рис. 3.12. Блок-схема алгоритму виводу даних на індикатори.

Друга процедура – convert, вона перетворює двійковий код числа у код семисегментного індикатора.

3.4. Тестування системи керування промисловим котлом

Для тестування автоматизованої системи керування промисловим котлом створено проект схеми у програмному середовищі автоматизованого проектування електронних схем Proteus від компанії Labcenter Electronics.

Програмне середовище Proteus Design Suite включає в себе систему схемотехнічного моделювання, яка базується на основі моделей електронних компонентів, які вбудовані в PSpice. Основною відмінністю вибраного пакету Proteus Design є можливість виконувати моделювання роботи програмованих пристроїв: мікроконтролерів, мікропроцесорних систем, сигнальних процесорів (DSP) та ін. Proteus Design включає в себе більше ніж 6000 електронних компонентів з усією довідковою інформацією, а також демонстраційні приклади проектів. Додатково в середовище PROTEUS VSM входить система проектування друкованих плат. Система Proteus складається з двох підпрограм: ISIS – програма, яка виконує синтез та моделювання безпосередньо електронних схем і ARES – програма призначена для розробки друкованих плат. Разом з програмою виконується встановлення набору демонстраційних проектів для ознайомлення користувачів. Програма також включає в себе інструменти USBCONN і COMPIM, які дозволяють під'єднати віртуальний пристрій до USB- і COM-портів комп'ютера.

На рис. 3.12 показано під'єднання підсистеми живлення системи та мікросхеми синхронізації DS1307 до входів мікропроцесора XL1 та XL2.

					<i>KI(м)-21.01</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		68

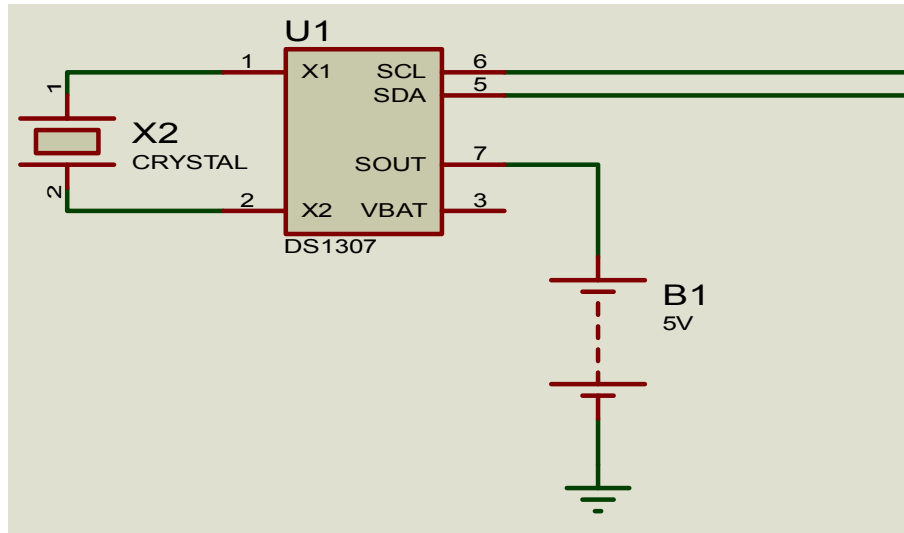


Рис. 3.12. Під'єднання живлення системи через мікросхему DS1307.

Акумуляторна батарея під'єднана для подачі живлення на керуючу схему системи. Використання мікросхема DS1307 відповідає за синхронізацію роботи системи в цілому.

На рис. 3.13 показано під'єднання блоку цифрових датчиків вимірювання температури DS18B20. Температурні датчики під'єднуються через вивід DQ мікросхеми DS18B20 передають значення температури води на вході, на подачі та на видачі на мікропроцесор. Також у системі використовуються світлодіоди для сигналізації при несправній роботі сенсорів температури.

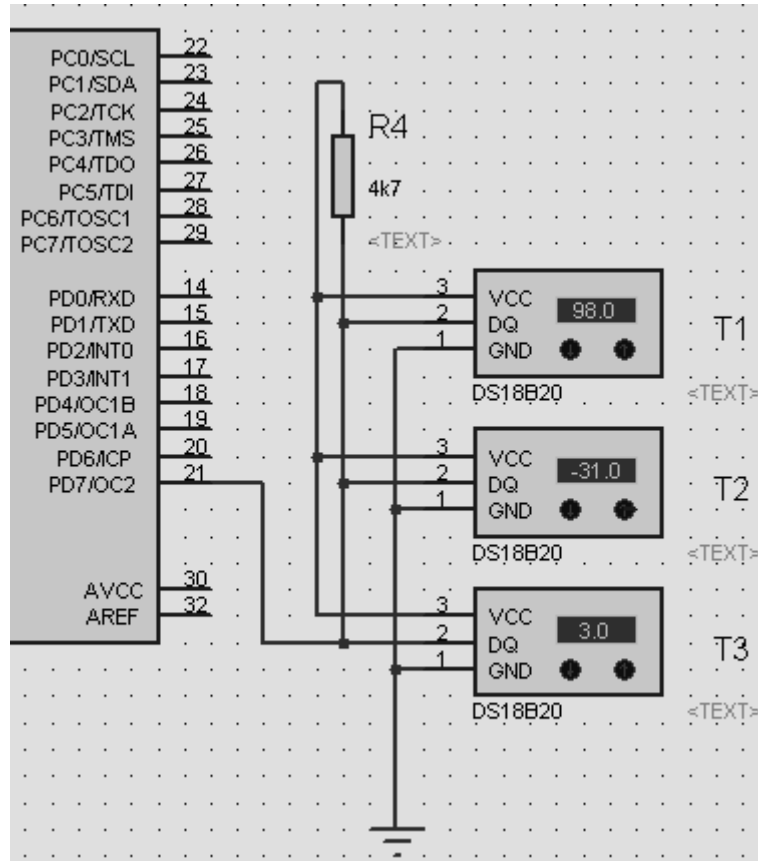


Рис. 3.13. Схема під'єднання цифрових термометрів DS18B20.

На наступному етапі спроектовано підсистему виводу значень температури на блоки семисегментних індикаторів. На рис. 3.14 показано схему під'єднання одного семисегментного індикатора через шинний формувач (ULN2803) та регістр (74HC595) до мікропроцесора.

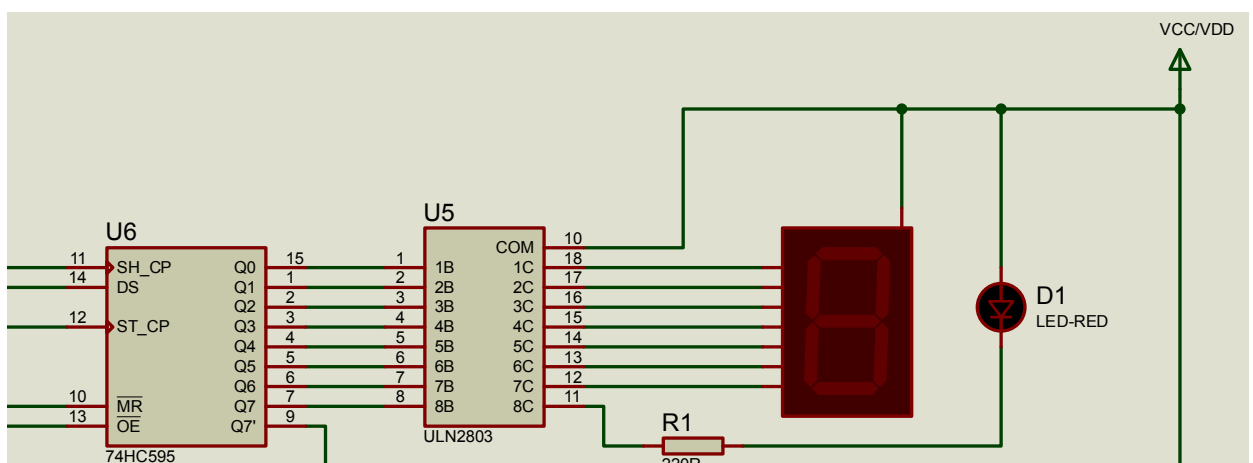


Рис. 3.14. Під'єднання одного семисегментного індикатора.

На рис. 3.15 показано схему під'єднання рідиннокристалічного дисплею (LCD1602A) до мікропроцесора.

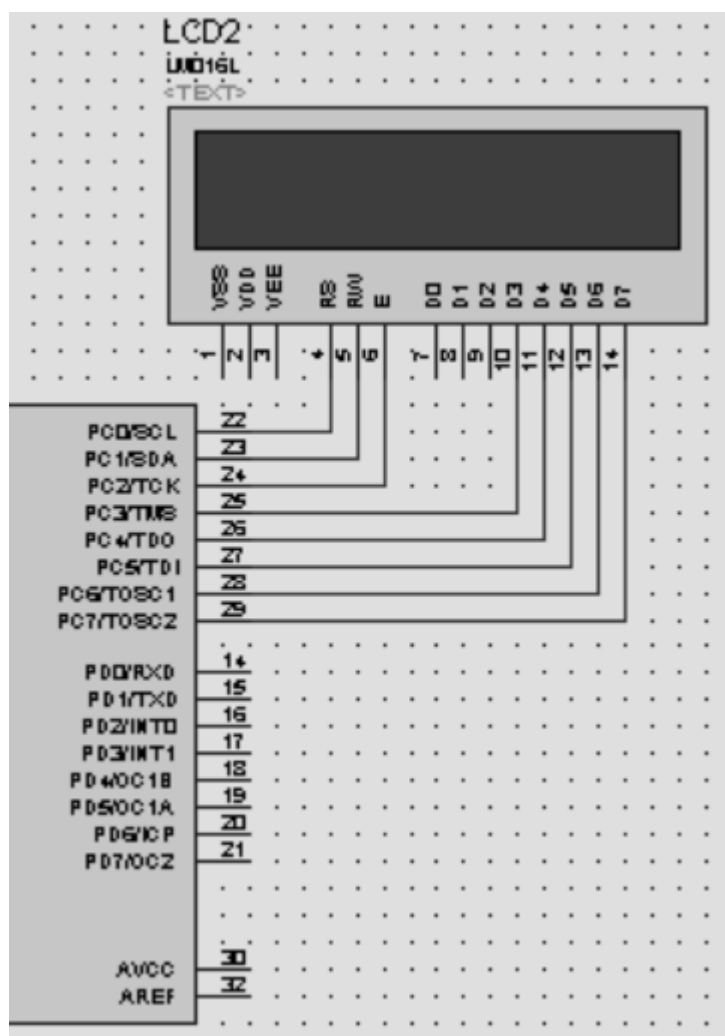


Рис. 3.15. Схема під'єднання рідиннокристалічного дисплею до мікропроцесора.

На рис. 3.16 показано схему під'єднання віртуального терміналу до мікропроцесора для відображення та моделювання роботи системи керування промисловим котлом.

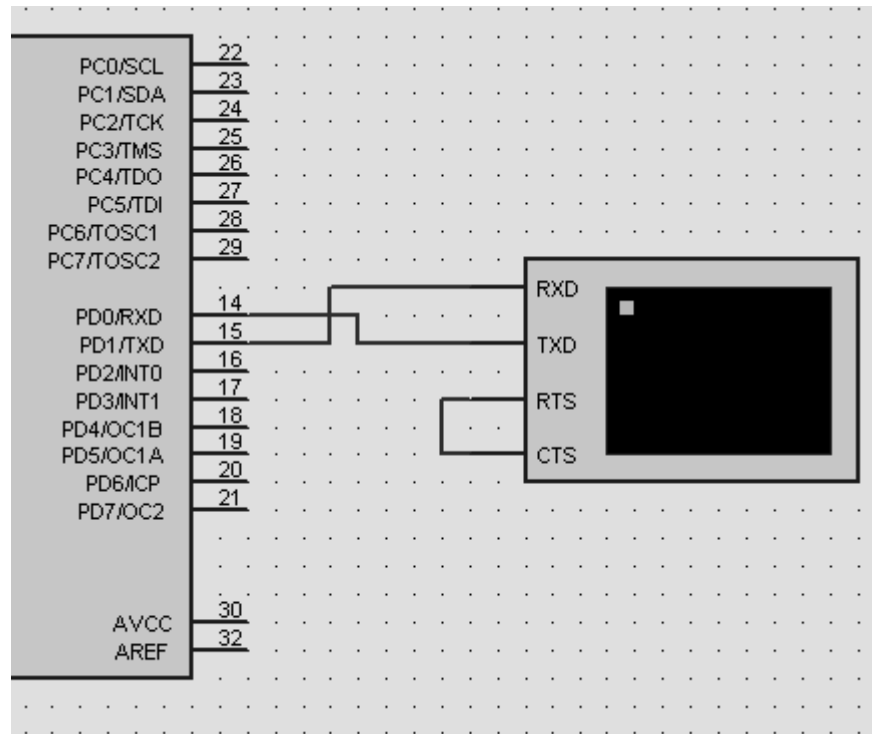


Рис. 3.16. Схема під'єднання віртуального монітору до мікропроцесора.

В результаті тестування роботи схеми керування промисловим котлом, було проведено її моделювання та відлагодження щодо виводу необхідних параметрів на засоби виведення інформації та контролю цих параметрів.

ВИСНОВКИ

В процесі виконання магістерської кваліфікаційної роботи розроблено мікропроцесорну автоматизовану систему керування промисловим газовим котлом на базі цифрового сигнального мікропроцесора DSP56800E фірми Motorola.

При виконанні даної роботи було виконано наступні завдання:

1. Описано актуальність поставленого технічного завдання на проектування.
2. Проведено класифікацію промислових котлів, їх основних елементів, принципів роботи та характеристик.
3. Виконано огляд та аналіз існуючих систем керування роботою промислових котлів, які є на ринку.
4. Обґрунтовано та здійснено вибір апаратних модулів системи керування та програмного забезпечення для тестування роботи системи.
5. Розроблено блок-схему основного алгоритму автоматизованої системи керування та описано його роботу.
6. Виконано тестування розробленої системи в інтегрованому середовищі Proteus.

Розроблену систему керування роботою промислових газових котлів можна використовувати в автоматизації та управлінні систем опалення для промислових котлів такого класу. Система також може бути використана для промислових будівель та різноманітних приладів, де потрібен контроль за показами температури та тиску.

					KI(м)-21.01	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Корячко В. П. Микропроцессоры и микроЭВМ в радиоэлектронных средствах; Учеб. Для вузов по спец. 'Конструирование и технология радиоэлектронных средств. - М.; Внеш. Шк, 1990. -274с.
2. Цилькер Б.Я., Орлов С.А. Организация ЭВМ и систем: Учебник для вузов. –СП.: Питер, 2006. -668с.
3. Прикладная теория цифровых автоматов / К.Г. Самофалов, А.М. Романкевич., В.Н. Валуйский., Ю.С. Каневский., М.М. Пиневич. К. : Вища шк. Головное изд-во, 1987. -375с.
4. Кравченко В.С. Інженерне обладнання будівель / В.С. Кравченко, Л.А. Саблій, В.І. Давидчук, Н.В. Кравченко. - Київ: Професіонал, 2008. - 480 с.
5. Любарец О.П. Проектування систем водяного опалення / О.П.Любарец, О.М. Зайцев, В.О. Любарец. - Відень - Київ - Сімферополь, 2010. - 201 с.
6. Ланцов А.Л., Зворыкин Л.Н., Осипов И.Ф. Цифровые устройства на комплементарных МПД интегральных микросхемах.–М.:Радио и связь, 1983.– 272с.
7. І.Т.Стрепко,О.В.Тимченко, Б.В.Дурняк. Проектування систем керування на однокристальних мікро-ЕОМ. “Фенікс”,Київ,1998.-285с.
8. Горбунов В.Л., Панфилов Д.И., Преснухин Д.Л. Справочное пособие по микропроцессорам и микроЭВМ. М.: Высшая школа, 1988. – 272 с.
9. В. М. Локазюк. Мікропроцесори та мікроЕОМ у виробничих системах. Видавн.центр “Академік”, Київ 2002. -234с.
10. <https://kiptep.ru/catalog/product/1172>
11. <http://www.teplocom.msk.ru/data/support/manuals/specon.pdf>
12. http://www.kb-agava.ru/kb_agava_15_let

					<i>KI(м)-21.01</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		74