

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри

“ _____ ” _____ 202_ р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

**ЗДОБУВАЧА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ
“БАКАЛАВР”**

Тема: «Апаратно-програмний модуль керування сушільною камерою»

Виконавець: _____ **Бойко Р.М.**

Керівник: _____ **Нечипорук О.П.**

Нормоконтролер: _____ **Тупота Є.В.**

Київ 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет кібербезпеки, комп'ютерної та програмної інженерії

Кафедра комп'ютеризованих систем управління

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр, найменування)

Освітньо-професійна програма «Системне програмування»

Форма навчання денна

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

« _____ » _____ 2022 __ р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи (проєкту)

Бойко Романа Миколайовича

(прізвище, ім'я, по батькові випускника в родовому відмінку)

1. Тема дипломної роботи (проєкту) Апаратно-програмний модуль керування сушільною камерою

затверджена наказом ректора від « 15 » лютого 2022 р. №251/ст. _____

2. Термін виконання роботи (проєкту): з 16 травня 2022 по 20 червня 2022

3. Вихідні дані до роботи (проєкту): постановка задачі, інформація про мікроконтролер на базі Arduino, високорівнева мова програмування, середовище програмування IDE, інформація про комплектуючі, характеристика ПІД-регуляторів

4. Зміст пояснювальної записки:

1) Конструювання апаратної частини модулю керування сушильною камерою на базі Arduino

2) Проектування програмної частини управління в середовищі IDE

3) Реалізація апаратно-програмного модуля керування сушильною камерою на основі середовища Arduino

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу:

1) Функціональна схема модулю керування сушильною

2) Мікроконтролер Arduino Due

3) Принципова схема модулю управління сушильною камерою

4) Зовнішній вигляд блоку керування.

5) Блок-схема управління сушильною камерою

Календарний план-графік

№ з/п	Етапи виконання дипломного проекту	Термін Виконання етапів	Підпис керівника
1	Отримання завдання на дипломну роботу. Постановка задачі, обґрунтування вибраного напрямку	16.05.2022	
2	Аналіз аналогічних апаратних комплексів. Вибір методів рішення постановленої задачі	16.05.2022 – 18.05.2022	
3	Розробка математичної (інформаційної) моделі та алгоритму функціонування обчислювальної системи	19.05.2022 – 23.05.2022	
4	Розробка апаратної частини модуля керування сушильною камерою	24.05.2022 – 29.05.2022	
5	Створення програмного модуля керування сушильною камерою на платформі Arduino	29.05.2022 – 01.06.2022	
6	Створення інструкції користувача з експлуатації обчислювальної системи	01.06.2022 – 02.06.2022	
7	Формулювання висновків до дипломної роботи	02.06.2022	
8	Оформлення пояснювальної записки	03.06.2022 – 05.06.2022	
9	Здача дипломної роботи	10.06.2022	

8. Дата видачі завдання: “ 19 ” травня 2022 р.

Керівник дипломної роботи (проекту) _____ д.т.н., доц. Нечипорук О.П.
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання _____ Бойко Р.М.
(підпис випускника) (П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи в собі містить: 50 сторінок, 18 рисунків., 4 таблиць, 18 джерел.

Дипломна робота складається з трьох частин: аналітичної, теоретичної та практичної .У аналітичній та теоретичній частині проведено аналіз предметної області, здійснено постановку задачі, а також опис об'єкту. В практичній частині описана розробка апаратно-програмного модулю сушильної камери.

Областю застосування є промислові підприємства з застосуванням порошкового фарбування у процесі виробництва.

АПАРАТНО-ПРОГРАМНИЙ МОДУЛЬ СУШИЛЬНОЇ КАМЕРИ.

Об'єктом дипломного проектування є управління камерою полімеризації порошкової фарби.

Предмет дипломного проектування – апаратний та програмний модулі моніторингу та управління параметрами роботи сушильної камери на основі *Arduino*.

Мета дипломного проекту: розробити апаратний та програмний модулі управління сушильною камерою.

Метод дослідження – при вирішенні поставлених завдань було використано теоретичні знання та практичні надбання в галузі впровадження технологій порошкового фарбування; знання у галузі отримання інформації щодо комплектуючих необхідних для створення шафи керування та їх характеристик.

Прогнозні припущення про розвиток об'єкту та предмету дослідження – подальша модернізація робочого зразка, інтеграція програмних засобів SCADA, розвиток можливості віддаленого керування апаратно-програмним модулем на промисловому підприємстві.

Ключові слова: контролер, полімеризація, автоматизація,, *Arduino*, регулятор, температурний датчик.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ	6
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Постановка задачі, обґрунтування вибраного напрямку та вибір методів рішення.....	9
1.2 Функціональні особливості технологічного процесу, вимоги до апаратно-програмного комплексу.....	11
1.3 Постановка задачі, обґрунтування вибраного напрямку та вибір методів рішення.....	16
1.4 Висновки до розділу.....	24
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ АПАРАТНОГО МОДУЛЮ УПРАВЛІННЯ СУШИЛЬНОЮ КАМЕРОЮ	26
2.1 Структура апаратної частини	26
2.2 Особливості використання засобів проектування та технологій	27
2.3 Розробка схемо-технічного рішення для створення апаратної частини	34
2.4 Висновки до розділу.....	36
РОЗДІЛ 3	37
3.1. Зовнішній вигляд і принцип роботи модулю керування.....	37
3.2 Алгоритм роботи програми контролера MEGA2500.....	40
3.3 Принцип роботи програмного модуля керування камерою полімеризації.....	42
3.4 Висновки до розділу.....	47
ВИСНОВКИ	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	50
ДОДАТКИ.....	52

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

МК – мікроконтролер

ПЛК – програмований логічний контролер

ШК – шафа керування

ПЗ – програмне забезпечення

ОС – операційна система

ПК – персональний комп'ютер

ЕОМ – електронна обчислювальна машина

LED – light-emitting diode (світлодіод)

ТЕН – трубчатий електронагрівник

ПІД-регулятор – пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор

Arduino – апаратно-програмна платформа для розробки систем та моделей в області електроніки, автоматизації процесів та робототехніки

Скетч – програми написані в середовищі Arduino

Ethernet – найпопулярніший протокол кабельних комп'ютерних мереж

ВСТУП

В наші дні технічний прогрес сягнув небувалих висот. На сьогоднішній день життя людини неможливо уявити без технологій. Комп'ютери зустрічають нас у всіх сферах життя, від кавоварки до оплати проїзду в суспільному транспорті.

Разом з цим актуальною стало питання підвищення продуктивності праці, зменшення витрат часу та ресурсів через активну автоматизації виробничих процесів.

Автоматизація виробництва – це заміна ручної праці на виробничих ділянках автоматичним обладнанням, механізмами, пристроями та приборами.

Застосування автоматизації на промисловому виробництві дає можливість підвищити продуктивність праці, забезпечити стабільну якість продукції, зменшити витрати підприємств на роботу та зменшити кількість робочих на різних етапах виробництва [1].

В наші дні ідея автоматизації реалізовується у різних напрямках, до прикладу:

- Автоматизація виробничих потужностей, підвищення продуктивності масового виробництва.
- Автоматизація галузі проектування, управління та планування.
- Бізнес-процеси.

Найвищим ступенем автоматизації вважається безперервний цикл робіт, де людина грає роль оператора чи контролера. Зазначимо, що системи автоматизації виробництва потрібні для управління та контролю, підтримки необхідного режиму роботи агрегатів, діагностики обладнання та формування звітності [2].

Важливу роль в процесі розвитку автоматизації виробничих процесів відіграють обчислювальні технології, маються на увазі не тільки великі комп'ютери, але й мікроконтролери чи ПЛК.

Вони широко використовуються фактично всюди: в іграшках, побутовій техніці чи пов'язаних з ними системах розумного дому, в промисловості, в автомобілях, терміналах оплати та інше. Контролери представляють з себе складні програмно-керовані пристрої в основі яких лежить мікроелектроніка. І саме вони ляжуть в основу реалізації даного дипломного проекту.

Метою дипломної роботи є створення апаратно-програмного модуля управління камерою полімеризації, яка дуже часто використовується на підприємствах, де є необхідність в фарбуванні виготовлених деталей. Щоб підійти до його створення, потрібно вирішити цілий ряд завдань:

- аналіз сфери застосування апаратно-програмного модуля;
- дослідження вимог до функціональності ПЛК;
- аналіз характеристик сучасних промислових ПЛК та їх комплектуючих;
- розробка апаратної частини;
- розробка програмної частини;
- фізична реалізація даного проекту на підприємстві.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Постановка задачі, обґрунтування вибраного напрямку та вибір методів рішення

Для побудови апаратно-програмного модуля спочатку необхідно проаналізувати сферу порошкового фарбування.

Порошкове покриття – це методів нанесення фарби, процес якого ділиться на кілька етапів:

- Попереднє підготування поверхні
- Нанесення порошкової фарби
- Полімеризація покриття

Попереднє підготування поверхні.

Це найважливіший та трудомісткий етап. Саме від цього етапу залежить якість готового покриття. Багато хто не приділяє потрібної уваги до підготовки поверхні і через це фарба лущиться, утворюються бульбашки та відбувається корозія металу. Правильна підготовка поверхні для нанесення покриття визначає кінцеву якість пофарбованого продукту.

Під час першого етапу проводиться повне очищення поверхні від будь яких плям, пилу, іржі, жиру та будь-яких інших небажаних забруднень. Процес очищення може бути як хімічним, так і механічним. Механічне включає в себе використання ручних інструментів, як жорстка щітка або механізмів таких як шліфувальна машина. Все залежить від виробу та технологій виробництва. При хімічному очищенні використовуються спиртомісні засоби, кислотні та лужні розчини та обезжирюючі засоби.

Нанесення порошкового покриття

Металевий виріб покривається порошковою сумішшю в ручну або за допомогою спеціального автоматизованого обладнання в напилувальній камері.

Кафедра КСУ				НАУ 22 26 16 000 ПЗ			
Виконав	Бойко Р.М.			Розділ 1	Літера	Аркуш	Аркушів
Керівник	Нечипорук О.П.				Д	9	50
Консультант					СП-435Б 123		
Норм. контр.	Тупота С.В.						
Зав. Каф.	Литвиненко О.Є.						

На виріб пускається слабкий електричний струм, через що до неї під дією статичної притягуються частинки порошкової фарби. В більш сучасних камерах нанесення фарби є можливість збору остатків фарби що не попали на виріб та застосовувати її у процесі знову.

Полімеризація покриття

Коли порошок був напилений на поверхню, виріб поміщають в камеру полімеризації для подальшого нагріву. В залежності від властивостей порошку, товщини напилу та металу, полімеризація відбувається при температурі від 120 до 210°C та може тривати 15-30 хв. Під дією високої температури порошок плавиться та утворює плівку на поверхні виробу. Після закінчення процесу полімеризації виріб охолоджується та фарба на поверхні твердіє.

Відмінність між процесами рідкого та порошкового фарбування полягає у тому

Переваги порошкового фарбування:

1. Економічність;
2. Скорочення технологічних операцій, більш раціональне використання робочого простору, системи порошкового фарбування дають можливість зменшити площу ділянок необхідних для процесу фарбування;
3. Не містить розчинників, які в складі фарби можуть займати від 30 до 60 відсотків, при цьому після нанесення не залишаються у покритті
4. Низькі витрати фарбувального матеріалу на рівні 2-5% від загальної маси нанесеного. В порівнянні, втрати рідкого фарбувального матеріалу можуть сягати 20-40%.
5. Швидкість. Значне скорочення часу висихання покриттів відбувається за рахунок високої швидкості утворення плівки з плавленого матеріалу, а також оскільки висихання одношарового покриття відбувається одноразово, на відміну від багаторазового сушіння у випадку звичайного багатшарового рідкого фарбування.
6. Декоративність. Даний вид технологій дає можливість використовувати широкий спектр кольорів. Завдяки фізичним властивостям порошку, виробник

може створювати будь-які кольорові відтінки, тональності, градієнти. Після фарбування поверхня виробу може набувати таких якостей, яких при традиційному фарбуванні дуже складно, або фактично неможливо досягнути. Для прикладу, такі кольори як золотистий, срібний і алюмінієвий металіки; флуоресцентні фарби; серія «антиків»; поверхня під муар, граніт, структуровані поверхні і т.д. Є також можливість додатково використовувати розмаїття кольорів і відтінків, які контролюються по ступеню блиску (глянцевий, матовий та напівматовий).

7.Простота експлуатації. При порошковому фарбуванні відкидаються такі операції, як контроль чи доведення в'язкості до необхідних показників. Тому що, порошкові матеріали постачаються у готовому вигляді. Такий підхід сприяє економності та стабільності якості покриття, яке отримуються в результаті фарбування. Також варто відмітити що у випадку порошкового фарбування очищення розпилювального обладнання після експлуатації значно простіше, ніж після використання рідкої фарби [3].

1.2 Функціональні особливості технологічного процесу, вимоги до апаратно-програмного комплексу

Кінцевою стадією процесу фарбуванні є сушіння свіжонанесеного покриття.

Як було вказано вище, через особливості процесу, сушіння при порошковому фарбуванні відбувається значно швидше в порівнянні з традиційним. Тобто, час висихання звичайної фарби займає від 6 до 24 годин, в той же час порошкова висихає всього за 30..60 хв. Досягнувши охолодження виробу до 50.70 °С - виріб вже готовий до експлуатації.

У процесі полімеризації вирішальне значення має рівномірне прогрівання деталі. Різниця температури в камері полімеризації не повинна перевищувати ± 5 °С. Інакше є небезпека, що в місцях недогріву вийде рихле напівоплавлене покриття, а в місцях перегріву фарба змінить свій колір.

Також значення має витримка виробу в нагрітому стані. Зазвичай витримка становить 10..30 хв, залежно від форми та масивності виробу, що фарбується. Наприклад, для листа сталі товщиною 0,8 мм достатня витримка 5..10 хв, а для

листа 3,0 мм витримка становить - 10..15 мм. Час витримки визначається експериментально [4].

При недостатній витримці покриття не "сплавляється" з поверхнею і виходить плівка, що легко відшаровується.

Камери полімеризації порошкових покриттів оснащені:

1) Циркуляційними вентиляторами, що забезпечують високу однорідність температури всередині камери.

2) Електричними нагрівачами типу ТЕН у нержавіючій оболонці (при роботі у дві зміни по 8 годин – напрацювання на відмову не менше 2-х років).

3) Системою автоматичного регулювання температури мікроконтролерним регулятором із вбудованим ПІД законом регулювання. Точність підтримки температури, не гірша, ± 2 °С

4) Системою встановлення та відліку часу витримки деталей у печі. Після закінчення відліку часу витримки подається звуковий сигнал та вимкнеться режим нагрівання [5].

5) Теплоізоляцією, що дозволяє знизити ваго-габаритні показники печі, а також суттєво зменшити теплові втрати.

За виконанням камери полімеризації можуть бути:

- тупиковими – завантаження та вивантаження здійснюється з одного боку камери;
- прохідними – завантаження та вивантаження з протилежних сторін.

Камери додатково можуть бути оснащені:

- підвісними шляхами квадратного перерізу 40x40, 50x50, 63x63 та ін;
- підвісними шляхами на основі двотаврової балки №8, 10, 12 та ін.
- рейковим шляхом для візка
- сітчастими полицями

На рисунку 1.1 зображено зовнішній вигляд сучасних полімеризаційних камер.



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд камери полімеризації

Існуючі проекти

ТЕН 24

Компанія ТЕН 24 надає можливість замовити виготовлення печі полімеризації та щити управління камерою нагріву, такі як ШУ2-1-380 чи ШУ54-3-380 відповідно до технічних характеристик встановлених замовником. Окрім цього, компанія ТЕН 24 надає послуги з порошкового фарбування металу. На сайті немає встановлених цін, тому за детальною інформацією потрібно звертатися за вказаними контактними даними. Камера полімеризації піч для порошкового фарбування може бути доставлена зі складу в Одесі та Києві в будь-яке місто та населений пункт України: Доставка здійснюється за допомогою компаній перевізників. На рисунку 1.2 наведено внутрішній вигляд створеної компанією ТЕН 24 камери полімеризації.



Рисунок 1.2 – Камера полімеризації від компаніх ТЕН 24

Grafix

Компанія Grafix спеціалізується конкретно на технологіях порошкового фарбування. Окрім стандартної камери полімеризації вони також можуть зконструювати додатково підлоговий рейковий візок чи візок, що пересувається по жолобах.

Як вказано на сайті. Grafix приймає замовлення виготовлення будь-яких по конструкції камер полімеризації з урахуванням особливостей виробничого процесу підприємства-замовника. Оболонку камери створюється зі сталевого листа, пофарбованого порошковою фарбою, внутрішня частина виготовляється з оцинкованої сталі. В ролі ізоляційного матеріалу виступає мінеральне волокно завтовшки 100 або 150 мм. Для нагріву камери можуть використовувати, як електричні ТЕНи, так і терморадіаційного інфрачервоного нагріву. При оформленні замовлення Grafix вимагає передплату у розмірі 50% від загальної суми замовлення. Офіси компанії є у містах Київ та Львів. На рисунку 1.3 наведено внутрішній вигляд створеної компанією Grafix камери полімеризації.



Рисунок 1.3 – Камера полімеризації від компаніх Grafix

ТОВ Павлекс-Україна

Компанія спеціалізується на наданні повного комплексу послуг інжинірингу (розробка та ведення проектів, підготовка технічної документації, конструювання нестандартного обладнання), здійснення комплексного постачання обладнання, проведення шефмонтажу, пусконаладження та подальший супровід проекту.

Компанія здійснює комплексний підбір технології підготовки та фарбування поверхні залежно від конкретних завдань, поставлених клієнтом, будь то листовий метал, профіль, лиття, різні металоконструкції, вагони та судна, балону, теплообмінники та ін.

Проектування та постачання обладнання для підготовки поверхні (струминним методом або методом занурення у ванни), дробоструминних камер та дробометних установок (ліній), обладнання для рідинного та порошкового фарбування (фарбувальні камери, печі полімеризації та ін.), систем очищення водою надвисокого тиску.

Окрім вище наведених компаній є ще багато компаній, як Светокор-Україна, ТОВ Галт Продакшен та багато інших, в описі яких немає сенсу, оскільки параметри продукції яка ними випускається майже не відрізняється від компаній описаних вище.

1.3 Постановка задачі, обґрунтування вибраного напрямку та вибір методів рішення

Центральне місце в розробці проекту займає вибір мікроконтролера (в подальшому – МК). Саме від нього залежить справне функціонування всієї розробки. Тому потрібно розглянути, що собою являє МК, та які популярні промислові моделі використовуються в розробках автоматизованих систем.

Мікроконтролер – це спеціальна мікросхема, призначена для керування різними електронними пристроями.

Особливістю сучасних мікроконтролерів є збереження балансу між вартістю та продуктивністю чи радше функціональністю. Саме тому вони широко використовуються в побутовій техніці, іграшках, розумній техніці чи пов'язаних з ними системах розумного дому. Там де не так важливі обчислювальні потужності, як можливість виконувати встановлений набір функцій.

Мікроконтролер є як складним програмно-керованим пристроєм, так і з точки зору інженерії серйозним електронним приладом (тобто мікросхемою), оскільки він будується на основі технологій мікроелектроніки..

В робочому стані МК виконує команди, які надходять йому з пам'яті або через зовнішній вхід. Всі команди, які МК здатен виконувати заздалегідь закладені в його архітектурі. Код конкретної команди всередині мікросхеми ділиться на мікрозадачі та виконується його елементами.

МК наділяють користувача можливістю керувати великою кількістю електронних та електро-технічних приладів та пристроїв. Окремі моделі МК достатньо потужні щоб перемикати реле [6].

Мікроконтролери, зазвичай, встановлений у схему, до якої можна під'єднати датчики, екрани, клавіатурні входи, тощо. На рисунку 1.4 зображено вигляд та склад сучасних мікроконтролерів.

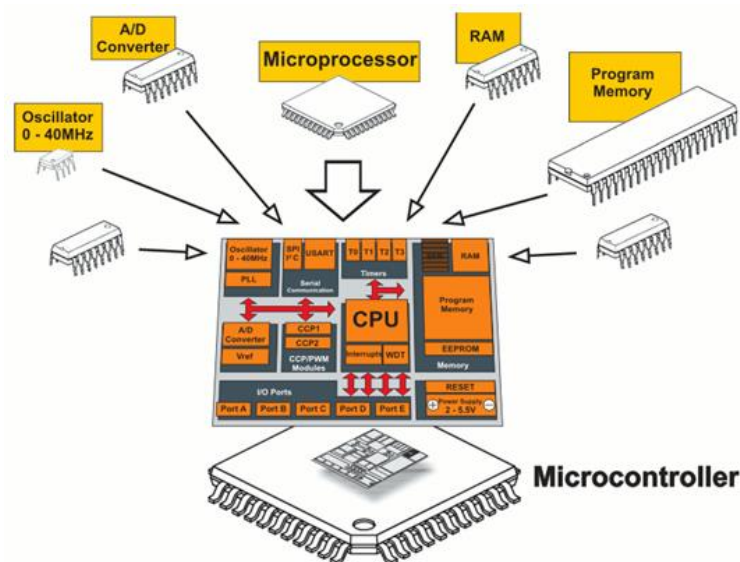


Рисунок 1.4 Вигляд сучасних мікроконтролерів

Мікроконтролер має в собі процесор, оперативну пам'ять, флеш-пам'ять, статичну пам'ять, а також різноманітні периферійні пристрої, які перетворюють процесор на повнофункціональну ЕОМ.

Як було зазначено вище, метою дипломної роботи є створення апаратно-програмного модуля управління камерою полімеризації. Тож, перед тим, як підійти до вибору комплектуючих для цієї роботи, варто розглянути вже існуючі промислові мікроконтролери, дізнатися їх особливості, параметри, як саме вони програмуються які компанії випускають та обслуговує дану продукцію. Нижче наведені представники трьох широко розповсюджених на ринку сімейств контролерів [7].

ПЛК *Modicon M241* із сімейства контролерів Schneider Electric використовує 5 портів зв'язку. Вбудований порт CANopen для побудови архітектури на польовій шині дозволяє підключати до 63 пристроїв, економлячи час та кошти на підключення. Має можливість встановлення необмеженого доступ до обладнання через Ethernet, тобто, дає можливість підключатися до вбудованого Web-сервера ПЛК та проводити моніторинг та діагностику через власноруч створені сторінки. На рисунку 1.5 наведено зовнішній вигляд контролера *Modicon M241*.



Рисунок 1.5 – Промисловий контролер Modicon M241

Перелік вбудованих функцій

- 5 портів зв'язку: Ethernet, CANopen, 2 порти RS485/R232, USB для програмування
- Швидкий двоядерний процесор та картриджі розширення
- Web та FTP сервер
- SD карта
- Модулі функціональної безпеки
- Модулі SoLink для прискореного підключення пускачів TeSys
- Широка лінійка модулів дискретного та аналогового в/в
- Комунікаційні модулі Ethernet та Profibus

SoMachine – ПЗ для програмування контролерів MachineStruxure для всіх аспектів розробки машини: Стандартний код та логіка безпеки, проектування системи управління переміщеннями та розробка ЛМІ. Середовище розробки може бути підлаштоване під потреби розробника

Варто зауважити, що середовище SoMachine HVAC не дуже доброзичливе для початківця. Документація не надто «розвинена», що потребує значних витрат часу на пошук необхідної інформації [7].

Середовище розбите як би на кілька окремих програм, у кожній з яких навіть ярлики свої. В одній користувач проводить ініціалізацію інтерфейсів та апаратної частини, в іншій – малює екран, у третій – пише програму.

Для розробки доступні як графічні, так і текстові мови. Є ST (де змінних по типу Time немає – прийдеться використовувати умовний DWORD). Також тут облаштована своєрідна та незвична для неознайомих користувачів система ініціалізації змінних. Ви не зможете просто написати:

```
Var  
Var1 : bool;  
Var2 : bool;  
End_var
```

Замість цього кожен змінну потрібно буде створювати мишкою через діалогове вікно. Перенесення напрацювань із інших середовищ програмування ускладнюється.

Плюси:

- велика лінійка обладнання, модулі розширення;
- багато інтерфейсів;
- є модифікації ПЛК із великою кількістю I/O;
- графічний дисплей (старші моделі);
- є виносна та настінна панель;
- непоганий зовнішній вигляд;
- кілька мов програмування.

Мінуси:

- недружнє середовище розробки;
- відсутня документація щодо роботи у середовищі програмування;
- слабка підтримка від дистриб'ютора;
- тривале постачання обладнання. У разі, коли треба все "вчора" - ці ПЛК не ваш вибір.

Програмовані контролери SIMATIC S7-1200 – це сімейство базових контролерів компанії «Сіменс». Являє собою модульну конструкцію, здатен вирішувати завдання автоматичного регулювання та управління переміщенням,

виконувати збір та логічну обробку інформації, може підтримувати обмін даними через мережі Industrial Ethernet/PROFINET/PROFIBUS DP, PtP(Point-to-Point), MODBUS RTU, MODBUS TCP та GSM/ GPRS з'єднання, канали зв'язку телевізійних систем. На рисунку 1.6 наведено зовнішній вигляд контролера SIMATIC S7-1200.



Рисунок 1.6 – Промисловий контролер SIMATIC S7-1200

Пластиковий корпус контролеру SIMATIC S7-1200 монтується DIN-рейку або на 35 мм профільну шину. SIMATIC S7-1200 можуть обслуговувати від 10 до 284 цифрових та від 2 до 67 аналогових каналів вводу-виводу.

Базові контролери сімейства S7-1200 поєднують у своєму складі:

- Модулі центральних процесорів (CPU 121xC/CPU121xFC).
- Сигнальні плати SB 12xx для встановлення в модулі центральних процесорів та розширення їх системи введення-виводу.
- Сигнальні модулі SM 12xx для введення та виведення дискретних або аналогових сигналів.
- Комунікаційні модулі CM 12xx та CP 12xx для підключення контролера до мережі Industrial Ethernet, PROFIBUS DP.
- Додаткові компоненти у вигляді карт пам'яті SIMATIC Memory Card та імітаторів вхідних сигналів [8].

STEP 7 Basic – пакет програмування, що працює за принципом TIA Portal, який формує інтегроване робоче середовище для розробки комплексних проектів

на основі багатьох програмних та апаратних компонентів для автоматизації. У цьому середовищі забезпечується підтримка функцій навігації проектів, єдиної концепції використання бібліотек, централізованого управління даними та забезпечення їх повної узгодженості, запуску необхідних редакторів, збереження проектів, діагностики та багатьох інших функцій.

Особливості використання STEP 7 Basic:

- Створення програми контролера мовами LAD, FBD та SCL з наступним налагодженням.
- Об'єднання проектів контролера та панелі та спільне використання даних.
- Підтримка інтелектуальних механізмів Drag&Drop для передачі даних між різними редакторами для програмованих контролерів та приладів людино-машинного інтерфейсу.
- Використання одного редактора для конфігурації апаратури та мережевих топологій.
- Централізоване керування даними за допомогою універсальних символічних імен [9].

ПЛК63/73 сімейства контролерів ОВЕН надають можливість створювати автоматизовані системи керування обладнанням в сфері автоматизації виробництва, транспортування, енергетики, водопостачання та багатьох інших галузях, На рисунку 1.7 наведено зовнішній вигляд промислового контролера ПЛК63.

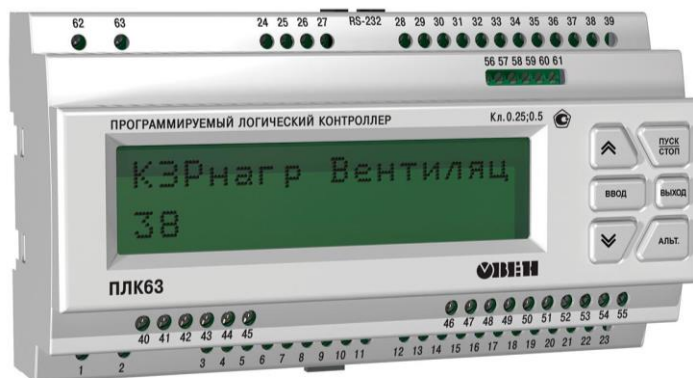


Рисунок 1.7 – Промисловий контролер ПЛК63

Програмне забезпечення CoDeSys 2.3 дає можливість створювати програми для даних контролерів будь-якими мовами, що підтримуються стандартом ІЕС 61131-3.

ПЛК63/73 містять в собі такі особливості:

- збільшення кількості пристроїв на вході за рахунок використання модуля ОВЕН МР1;
- використання інтерфейсів RS-232 та RS-485 для обміну даними;
- відображення символічних даних, що формуються у програмі користувача, на РКІ;
- виведення даних з програми на шість вбудованих в ПЛК світлодіодів;
- вбудований таймер реального часу з незалежним джерелом живлення;
- можливість змінювати параметри конфігурації через вбудовану клавіатуру;

CODESYS являє собою майданчик розробки програм на основі ІДЕ для контролерів Siemens.

CODESYS підтримує п'ять мов програмування, які відповідають стандартам МЕК 61131-3 (LD, FBD, IL, ST, SFC), а також підтримує розробку на SFC (розширення FBD). Окрім цього, у CODESYS є ще й засоби налагодження та редактор візуалізації [10].

Плюси:

- Зручне середовище програмування;
- легко створити меню зі вставками та налаштуваннями
- годинник та пам'ять завжди «з собою»;
- можливість працювати з нестандартними протоколами СОМ порту;
- велике входів та виходів у ПЛК;
- у меню ПЛК можна змінити типи датчиків, переглянути їх показання

Мінуси:

- усі модифікації з живленням лише від 220В;
- модуль розширення лише один;
- вхід до меню зі вставками однією кнопкою «Введення».

- незручно переносити меню з однієї моделі ПЛК до іншої (тиражувати однотипні налаштування).

Всі вище згадані пристрої подібні по своїм можливостям та ставлять своєю метою максимально спростити роботу користувача, відмовитися від потреби у поглибленому вивченні всіх деталей внутрішньої роботи ПЛК. Натомість, користувач отримує максимально спрощену та зручну у використанні мікросхему, яка дає йому можливість реалізовувати власні технічні завдання. Arduino завдяки своїм перевагам є одним з найпопулярніших на ринку середовищ розробки. Нижче наведені переваги середовища Arduino перед його конкурентами по даній галузі.

1. **Дешевизна.** Плати Arduino, мають значно меншу вартість як самих плат, так і різноманітних модулів та комплектуючих у порівнянні зі своїми конкурентами по ринку: ціна на готові модулі рідко сягає 1200 грн.
2. **Кросплатформність.** ПЗ Ардуїно може працювати на Windows, Macintosh OSX і Linux, в той час, коли більшість інших систем можуть працювати тільки в середовищі Windows.
3. **Комфортне ПЗ.** Середовище програмування просте і зрозуміле як для новачків, так і для людей, які професійно займаються програмуванням, особливо тим хто мав справу з C++, оскільки синтаксис даної мови буде близький.
4. **Відкритий код.** ПЗ Ардуїно володіє відкритим кодом та обширним асортиментом доступних програмних рішень, що дозволяє досвідченим розробникам вносити власні доповнення та зміни в нього. Можливості Arduino значно розширюються з використанням бібліотек C++, Python та інших мов.
5. **Відкрите апаратне забезпечення.** Технічною базою для Arduino мікроконтролери ATmega. Вся специфікація, схеми, технічні дані можна знайти у відкритому доступі. Кожен бажаючий може займатися розробкою власних апаратних модулів на основі вже існуючих під ліцензією Creative Commons [11].

Arduino являє собою середовище для створення програмованих пристроїв орієнтованих на тісну взаємодію з навколишнім середовищем.

Проекти в даному середовищі можуть бути як самостійними, так і взаємодіяти з ПЗ на комп'ютері (такими програмами, як Flash чи MaxMSP)[12]. Плату Arduino можна як створити власноруч, так і придбати вже готову. В інтернеті у відкритому доступі є широкий асортимент готових програмних рішень, бібліотек, технічної інформації по роботі з середовищем програмування Arduino [13].

Мова Arduino представляє з себе реалізацією подібної апаратної платформи Wiring, яка бере за основу мультимедійне середовище програмування Processing.

1.4 Висновки до розділу

У даному розділі було проведено аналіз порошкового фарбування, вивчено функціонал камери полімеризації, які вони існують, яких параметрів повинні дотримуватися та наведено приклади підприємств, що займаються їх виготовленням.

В першому пункті в загальних рисах ознайомився з основними етапами процесу порошкового фарбування, а саме: попереднє підготування поверхні, нанесення порошкової фарби, полімеризація покриття. Далі було розглянуто переваги даного методу перед традиційним рідким фарбуванням та вигоді які отримує користувач від вибору даної технології. До головних переваг можна віднести економність, простоту експлуатації, швидкість висихання фарби, менше обмежень в виборі кольорів та відтінків, та ін.

У другому пункті було детальніше проаналізовано етап полімеризації. Встановлено вимоги до камери сушіння, режиму підтримки температури та часу який займає процес полімеризації. Окрім цього розглянули підприємства які займаються реалізацією проектів зі створення сушильних камер. Одні компанії можуть розробити повний цикл фарбування. Інші ж лише частину що відповідає за полімеризацію.

В третьому пункті розглянули технічну сторону питання реалізації управління камерою. В ході аналізу визначено, що центральне місце у розробці займає контролер, вивчено його будову, функціонал, основи архітектури та області використання. Далі було наведено приклади найбільш відомих на ринку сімейств промислових контролерів, їх особливості, технічні характеристики, переваги та недоліки. Окремо звернули увагу на програмування контролерів – мови програмування, середовище розробки, підтримку інтерфейсів та операційних систем ПК.

В кінці розділу, у результаті всебічного аналізу предметної області, було вирішено зупинитися на виборі середовища Arduino, вслід за чим коротко описав його переваги перед всіма вище розглянених платформах (ПЛК та їх ПЗ) розробки.

РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ АПАРАТНОГО МОДУЛЮ УПРАВЛІННЯ СУШИЛЬНОЮ КАМЕРОЮ

2.1 Структура апаратної частини

В даній дипломній роботі використовується відносно спрощена версія ШК полімеризаційної камери. Його функціональна схема наведена на рисунку 2.1

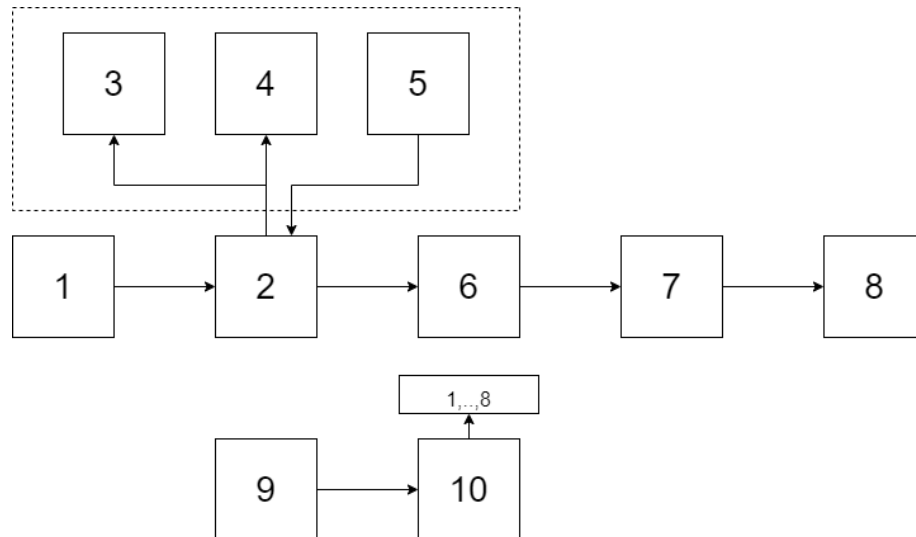


Рисунок 2.1 – Функціональна схема модулю керування сушильною камерою: 1 – датчики температур, 2 – контролер, 3 – таймери, 4 – світлові та звукові сигналізатори, 5 – кнопки включення/виключення/регулювання часу/запуск таймера, 6 – ПІД-регулятори, 7 – блоки управління регулюванням та розігрівом нагрівальних елементів, 8 – нагрівальні елементи, 9 – запасний (аварійний) датчик температури, 10 – живлення.

Даний пристрій використовує 4 датчики збору інформації про температуру з середини камери, три з яких знаходяться по одиниці в трьох секторах нагріву камери та 4-й є аварійним, на випадок якщо основні датчики вийдуть з ладу. У випадку досягнення критичної температури він подає сигнал на центральний автоматичний вимикач, після чого обрубается живлення у всій камері. Контролер та ПІД-регулятор будуть описані нижче у п. 2.2. Під блоком

Кафедра КСУ				НАУ 22 26 16 000 ПЗ			
Виконав	Бойко Р.М.			Розділ 3	Літера	Аркуш	Аркушів
Керівник	Нечипорук О.П.				Д	26	50
Консультант					СП-435Б 123		
Норм. контр.	Тупота С.В.						
Зав. Каф.	Литвиненко О.Є.						

керування мається на увазі сукупність світлових та звукових сигналізаторів, кнопок включення/виключення, встановлення часу роботи камери, та запуску таймеру які встановлені на лицевій частині шафи керування і призначені для користувача. Її зовнішній вигляд та інструкція по взаємодії з блоком управління буде описано в розділі 3. Нагрівальні елементи розподілені рівномірно по всій камері полімеризації по 6 штук в кожному з трьох секторів. Керуються вони через ПІД-регулятори та блоки керування розігрівом.

2.2 Особливості використання засобів проектування та технологій

Як було зазначено у першому розділі, центральне місце в даній роботі займає ПЛК. Від його вибору залежить апаратна та програмна реалізація загалом проекту. І як було вказано вище, вибір випав на платформу Arduino. Тому, варто детальніше розглянути, що з себе представляють обрані засоби розробки програмованих електричних пристроїв.

Arduino Duo

Мікроконтролер Arduino Due виконаний на базі 32-бітного мікроконтролера Atmel SAM3X8E з ARM-процесором на базі ядра ARM Cortex-M3. Володіючи тактовою частотою 84 МГц і 32-бітною архітектурою, він дозволяє виконувати більшість операцій над цілими числами в 4 байта за один такт дозволяючи досягти оптимального співвідношення продуктивності до споживаної енергії [14].

На рисунку 2.2 зображений мікроконтролер Arduino Due

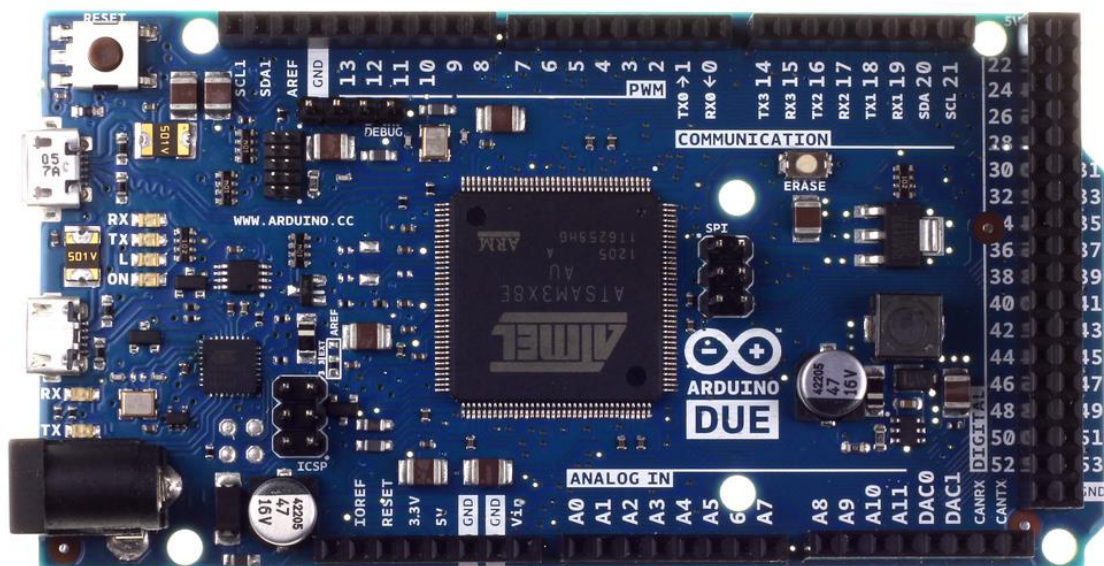


Рисунок 2.2 – Мікроконтролер Arduino Due

Таблиця 2.1

Характеристики *Arduino Duo*

Мікроконтролер	AT91SAM3X8E
Оперативна пам'ять:	96Кб
Обсяг Flash-пам'яті	512 Кб
Кількість цифрових входів/виходів:	54
Кількість каналів з підтримкою ШИМ	12
Кількість аналогових входів:	12
Кількість аналогових виходів:	2
Робоча температура	-40 ... 85 °C
Тактова частота	84 МГц
Робоча напруга	3.3В
Вхідна напруга (рекомендовано)	7 – 12 В
Максимальний вихідний ток вивода 3.3V	800 мА
Максимальний вихідний ток вивода 5V	800 мА
Кількість перетворювачів А / D 10біт	2
Кількість апаратно-послідовних портів UART	4
Інтерфейси	SPI, JTAG, TWI

Програмування

Процес прошивки в Due виглядає так само, як і в інших моделях Ардуїно. Для прошивки скетчів можна використовувати Будь-який USB-порт Due, все ж рекомендується задіяти для цієї цілі порт для програмування.

Прошивка програми через порт програмування виглядає наступним чином:

- Пристрій приєднується до комп'ютеру через USB-кабель до порту для програмування Ардуїно.
- Відкривається середовище розробки ПЗ.
- В меню "Tools" вибирається пункт "Serial Port" і вказується послідовний порт, асоційований в системі з Arduino Due
- З меню "Tools > Boards" вибрати пункт "Arduino Due (Programming port)"

Після виконання цих дій можна прошивати в Arduino свою програму.

Захист USB від перевантажень

В Arduino Due є запобіжники, які захищають USB-порт від коротких замикань і перевантажень. Попри те, що у ПК є власний захист, така особливість дає комп'ютеру додатковий захист. Коли споживається струм перевищує 500 mA – з'єднання автоматично обривається запобіжником. Після цього можна провести діагностику для виявлення причини виникнення перевантаження [15].

Модуль реле 5В 10А високого рівня (high level)

Одноканальний модуль реле використовується в підключенні до дискретних виходів ПЛК. Володіє двома світловими індикаторами: наявність/відсутність напруги та керуючого сигналу. Даний модуль володіє зворотною логікою керування спрацюванням реле – в момент подачі значення LOW реле спрацьовує, а коли подається значення HIGH реле вимикається. На рисунку 2.3 зображений релейний модуль АОС630 [16]

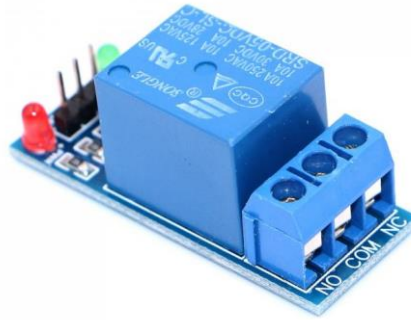


Рисунок 2.3 – Модуль реле AOC630

Таблиця 2.2

Характеристики AOC630

Напруга живлення	5 В
Сила струму	10 А
Мінімальний струм спрацювання	5-20 мА
Максимальний струм комутації	10 А при 250 В
Габарити	44x17x17 мм

Модуль MAX7219

Мікросхема MAX7219 має три лінії, якими здійснюється передача в послідовному коді, всієї необхідної інформації. Лінія DIN використовується для інформаційного сигналу, CLK – тактового, а LOAD – дозволяє приймати дані. Є ще одна лінія DOUT, яку можна використовувати як вихід даних при послідовному з'єднанні кількох мікросхем.

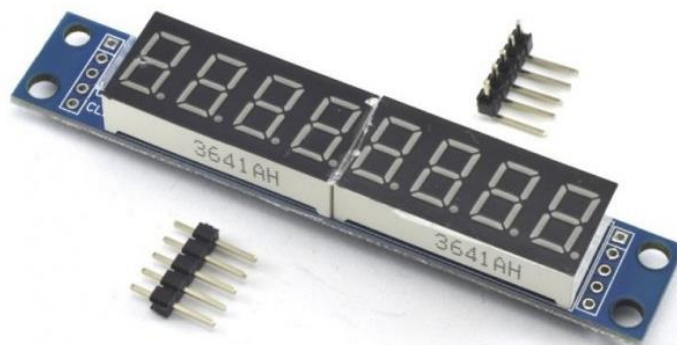


Рисунок 2.4 – Модуль MAX7219

Характеристики МАХ7219

Напруга живлення	4 – 5 В
Мінімальний вживаний струм без індикації	150 мкА
Струм одного сегменту індикації	30-45 мА
Колір світла	Червоний
Габарити	50x31x15 мм

ОВЕН ТРМ210

ТРМ210 – Пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор температури, тиску та інших фізичних величин, призначений для точної підтримки встановлених параметрів у різних технологічних процесах. Використовується у складі складного технологічного обладнання: екструдерів, термопластавтоматів, печей, пакувального, поліграфічного, вакуум-формуального обладнання тощо [17].

Клас точності регулятора 0,5/0,25.

Пристрій випускається у 4-х типах корпусів: настінному Н, щитових Щ1, Щ2 та новому ергономічному корпусі Н2. На рисунку 2.4 зображений ПІД-регулятор ОВЕН ТРМ210



Рисунок 2.5 – ПІД-регулятор ОВЕН ТРМ210

Функціональні можливості ПДД- регулятора ОВЕН ТРМ210

- Універсальний вхід для підмикання широкого спектру датчиків температури, тиску, вологості тощо.
- ПДД-регулювання вимірної величини з використанням "нагрівача" або "холодильника"
- Автоматичне налаштування ПДД-регулятора за сучасним ефективним алгоритмом
- Дистанційний пуск та зупинення ПДД-регулятора за допомогою зовнішнього пристрою, який підімкнений до додаткового входу 2
- Сигналізація про аварійну ситуацію двох типів:
 - про вихід регульованої величини за встановлені межі;
 - про обривання у колі регулювання (ЛВА).

Таблиця 2.3

Характеристики ТРМ210

Живлення	
Напруга живлення	90...245 В SC
Частота напруги живлення	47...63 Гц
Універсальний вхід 1	
Час опитування входу	1 с
Вхідний опір при підключенні джерела живлення	
– струму	100 Ом ± 0,1 % (при підключенні зовн. резистора)
– напруги	не менше 100 кОм
Межа допустимої погрішності виміру вхідного параметра	±0,5 %
– при використанні термоперетворювача опору	±0,25 %
Додатковий вхід 2	
Опір зовнішнього ключа:	
– в стані «замкнено»	0...1 кОм
– в стані «розімкнено»	більше 100 кОм
Виходи	
Кількість вихідних пристроїв	2

Інтерфейс зв'язку	
Тип інтерфейсу	RS-485
Швидкість передачі даних	2.4; 4.8; 9.6; 14.4; 19.6; 28.8; 38.4; 57.6; 115.2 кбит/с

Датчик температури ТСП

Не дивлячись свої розміри, датчик дає можливість надавати точні значення температури та атмосферному тиску. Розміри датчика становлять 3x3 мм, його повний модуль – 10x13 мм, напруга живлення ТСП складає 3.3 вольта. Окрім цього, на платі встановлений стабілізатор. Інтерфейс передачі даних – І2С. На рисунку 2.2 зображений датчик температури ТСП.



Рисунок 2.6 – Датчик температури ТСП

Таблиця 2.4

Характеристики ТСП 50-250 С

Діапазон вимірювання температури	-50...250°C (ТСП) / 0-150 °C (ТСП-У)
Номінальна статична характеристика	Pt1000
Клас допуску	В
Схема підключення	2-х провідна
Довжина монтажних виходів	1000 мм
Матеріал захисної арматури	Сталь 12Х18Н10Т
Ступінь захисту корпусу	IP54
Провід	Посріблений, мідний, з екраном, з січенням 0,22 кв.мм
Різьба	M20x1,5
Показник інерції, с	18...25
Вихідний сигнал	Термопара / 4-20 мА (тільки для ТСП-У)
Середовище застосування	Повітря/вода

2.3 Розробка схемо-технічного рішення для створення апаратної частини

Розглянувши вище основні компоненти для створення апаратної частини модулю керування сушильною камерою, наступним етапом роботи є створення схемо-технічного рішення для його подальшої реалізації.

На рисунку 2.3 представлена принципова схема управління сушильною камерою.

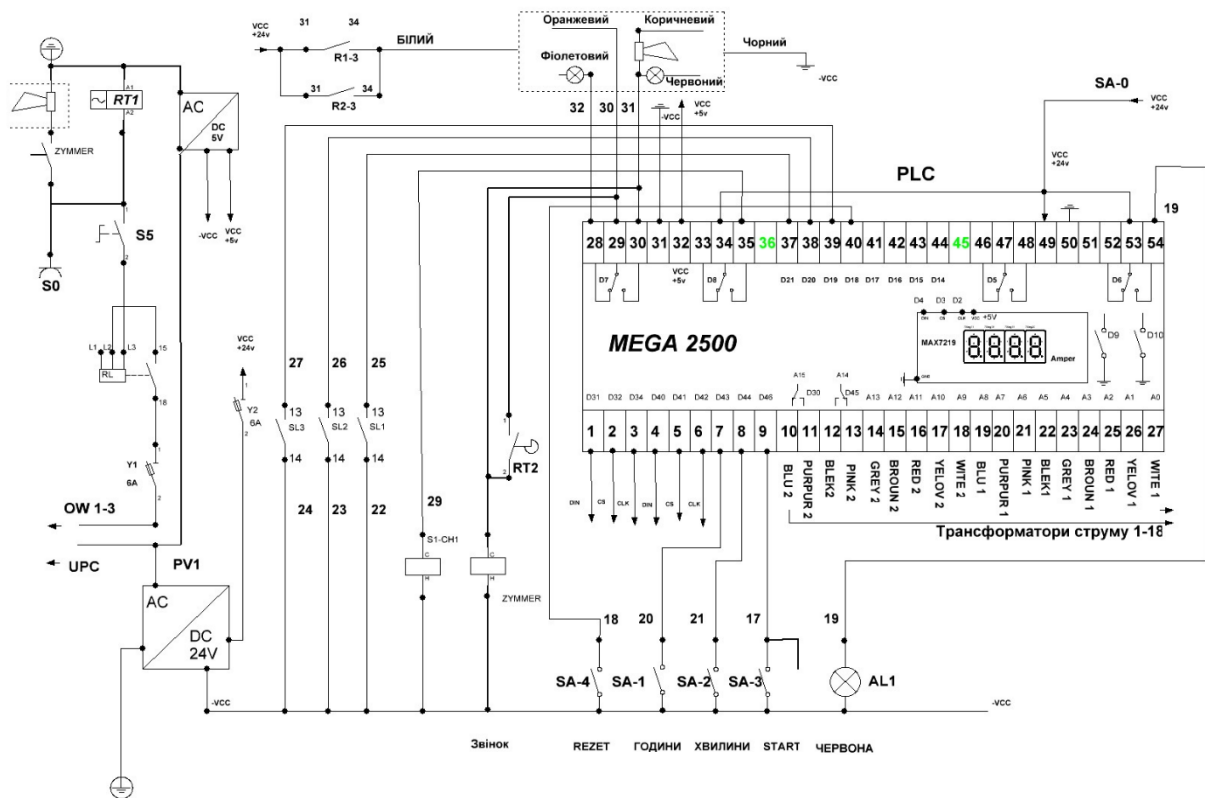


Рисунок 2.7 Принципова схема модулю управління сушильною камерою

На схемі відображено де і як задіяні входи та виходи МК. Коротко розглянемо які порти за що відповідають.

Входи 10 – 27 (чи А0 – А15) – це аналогові входи, які використовуються для перевірки наявності струму у тенах нагрівальних елементів. На початку роботи програма перевіряє кожен тен по черзі протягом 10-ти секунд і у випадку відсутності струму подає аварійний сигнал з виводом номеру несправного тена на екран.

Оскільки у нас нагрівальних елементів 16, а аналогових ходів всього 12, то ми приходимо до використання релейного модулю, який дозволяє нам

використовуючи лиш один вхід програмно переключатися між двома тенами для почергової перевірки тих на справність.

Дискретні порти D2 (CLK), D3 (CN) та D4 (DIN) призначені для з'єднання з світлодіодними матрицями MAX7219, які вмонтовані у внутрішній корпус МК.

Візуально це виглядає приблизно ось так:

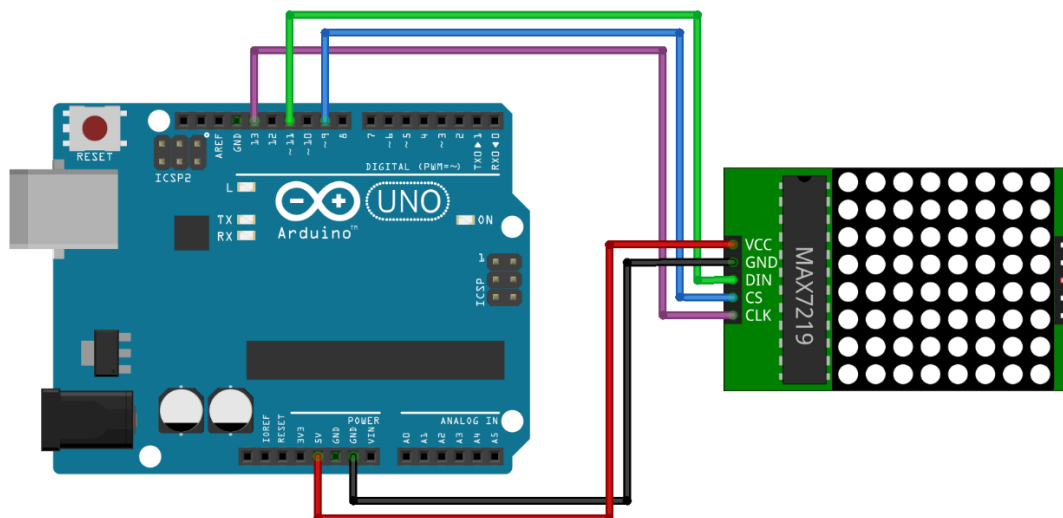


Рисунок 2.8 – Візуальна демонстрація з'єднання світлодіодної матриці, де VCC, GND — живлення; DIN — ввід даних; CS — вибір модуля (chip select); CLK — синхроімпульс.

Входи D18, D43-46 з'єднані з кнопками «RESET таймер», «Години», «Хвилини» та «START таймер» відповідно. Призначені для управління та задання параметрів роботи МК.

Порти D31-34, D40-42 відповідають за таймери. Один з яких призначений для роботи при автоматичному, а другий – в ручному режимі.

По портам 34, 49 та 53 подається живлення в схему керування від SA-0 (кнопка що встановлює режим роботи) У випадку аварійної ситуації ПЛК перемикає реле на порти 54 та 35 подаючи струм на червону лампу та звуковий елемент відповідно, що сигналізує користувачу про виникнення аварії.

Дискретні входи D9 та D10 відслідковують перемикання клавіш UP та RESET, робота яких буде детальніше описана в розділі 3.

Дискретні входи 37, 38, 39 (чи D21, D20, D19 відповідно) отримують від ПД-регуляторів сигнал виходу «на режим», після чого ПЛК запускає таймер.

SL1-3 – це блок-контактори які йдуть від автоматів захисту двигуна на системі провітрювання камери. У випадку технічної несправності якогось з вентиляторів обдуву виникає перенавантаження, на яку в свою чергу слідує спрацювання автомата захисту двигуна та блок-контактів. В наслідок цього робота всієї камери зупиняється та відключається живлення.

OW1-3 представляють собою вихід на Під-регулятори температури в камері нагріву.

PV1 – це 24-вольтовий блок живлення постійного струму для даного модулю.

2.4 Висновки до розділу

В даному розділі було більше детально розглянуто якою має бути конструкція апаратної частини модуля керування сушильною камерою. Розроблено функціональну та принципову схеми виробу, підібрано основні комплектуючі для реалізації проекту, розглянуто їх характеристики та особливості використання.

В першому пункті представлено функціональну схему майбутнього модулю керування сушильною камерою. Схема складається з десяти узагальнених блоків. В розділі в загальних рисах описано, що вони з себе представляють та як взаємодіють між собою.

В другому пункті приділено увагу підбору комплектуючих, основними з яких є ПЛК, ПД-регулятор та датчики температури. Було вивчення їх загальні характеристики та наведено у вигляді таблиць.

РОЗДІЛ 3

3.1. Зовнішній вигляд і принцип роботи модулю керування.

Зовнішній вигляд панелі з органами управління та індикації наведено на рис.3.1.

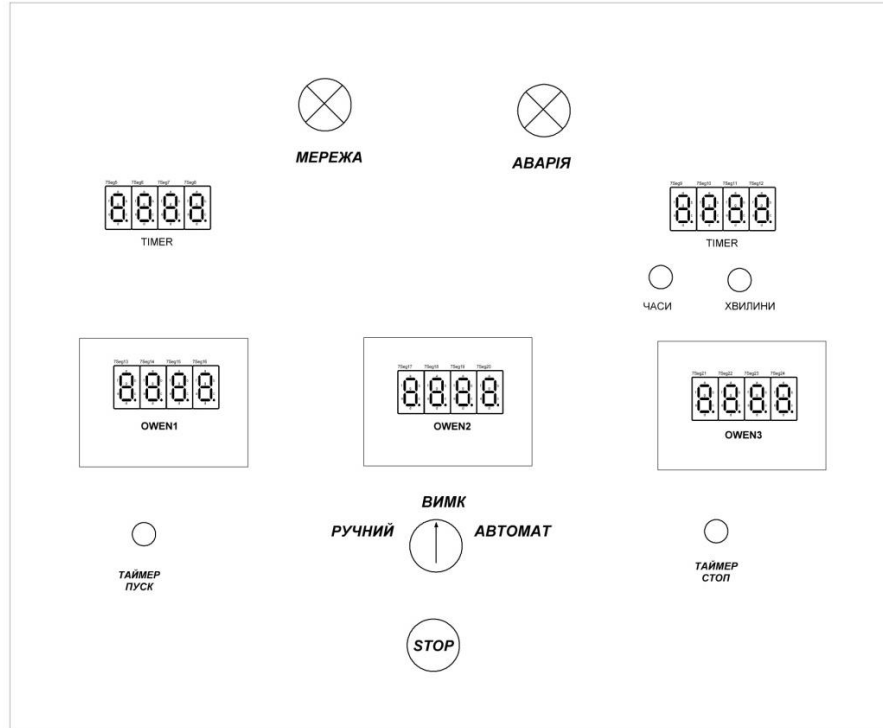


Рисунок №3.1 Схематичний вигляд блоку керування.

На передній панелі знаходяться пристрої відображення індикації інформації та органи керування. На зображенні 3.2 наведено зовнішній вигляд реалізованого блоку керування камерою полімеризації.

Кафедра КСУ				НАУ 22 26 16 000 ПЗ			
Виконав	Бойко Р.М.			Розділ 3	Літера	Аркуш	Аркушів
Керівник	Нечипорук О.П.				Д	37	50
Консультант					СП-435Б 123		
Норм. контр.	Тупота С.В.						
Зав. Каф.	Литвиненко О.Є.						

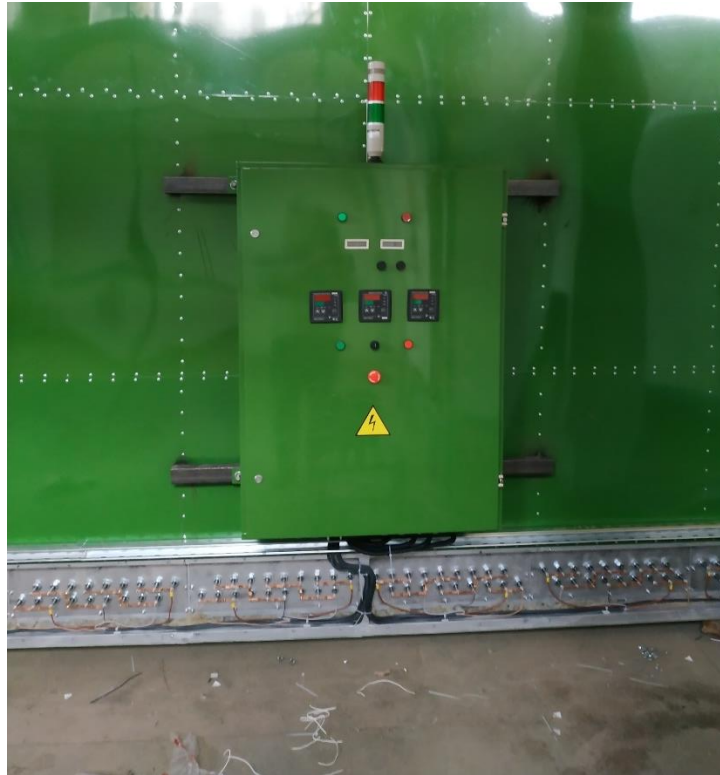


Рисунок №3.2 Зовнішній вигляд блоку керування.

Інструкція з експлуатації шафи керування

1. Перемикач режимів роботи – перемикач має три положення.

Середнє положення- ВИМКНЕНО -пристрій не працює. Працює функція попереднього нагріву, добовий таймер, зробить включення нагріву в заданий час на встановлений період. В цей час ПЛК контролює працездатність системи, і в аварійній ситуації відключить електроживлення автоматично. Для відключення попереднього нагріву необхідно натиснути і зафіксувати кнопку **STOP**, або вимкнути електроживлення на розподільчому щиті.

Крайнє праве положення – АВТОМАТ, подається живлення, блок керування працює. Виконуються всі функції керування. Принцип і порядок роботи описані далі. (Основний робочий режим.)

Крайнє лівє положення – РУЧНИЙ, блок керування здійснює всі функції керування, аналогічно як і в режимі АВТОМАТ, за винятком функції *контроль працездатності системи*. (Допоміжний режим для налагодження і т.інше.)

2.Індикатор МЕРЕЖА – здійснює відображення наявності живлення (+24В).

3.Індикатор АВАРІЯ – здійснює відображення наявності аварійного стану.(перелік можливих аварійних станів в додатку).

4.Лівий індикатор ТІМЕР – відображає встановлений час витримки в хвилинах і секундах, діапазон від 01хв. до 99 хв. Працює в режимі *РУЧНИЙ*.

5. Правий індикатор ТІМЕР- відображає встановлений час витримки в годинах, хвилинах і секундах, діапазон від 01хв. до 99 хв. Працює в режимі *АВТОМАТ*.

6.ГОДИНИ – Кнопка служить для збільшення значення хвилин на індикаторах на 1.

7. ХВИЛИНИ – Кнопка служить для зменшення значення хвилин на індикаторах на 1.

8.STOP– Припинення роботи, відключення функції попереднього нагріву.

7.Таймер СТАРТ – Кнопка запускає таймер відліку часу в ручному і автоматичному режимі.

8. Таймер СТОП – Кнопка служить для скидання значення таймера в початкове значення (після завершення відліку часу).

Режим роботи «РУЧНИЙ»

При включенні перемикача режимів роботи в крайнє ліве положення, подається живлення в схему керування, вмикається таймер ручного режиму і ТРМ210 починають керувати режимом нагріву. Для запуску таймера необхідно натиснути кнопку Таймер СТАРТ. По закінченню відліку спрацює сигнал сповіщення процесу.

Режим роботи «АВТОМАТ»

При включенні перемикача режимів роботи в крайнє праве положення, подається живлення в схему керування. Для початку роботи потрібно встановити задану температуру технологічного процесу для кожної зони нагріву відповідно (ТРМ210). ШІК починає працювати .Також встановити потрібний час витримки. На зображенні 3.3 демонструється вигляд реалізованої на практиці шафи розміщення апаратно-програмного модуля керування камерою полімеризації.

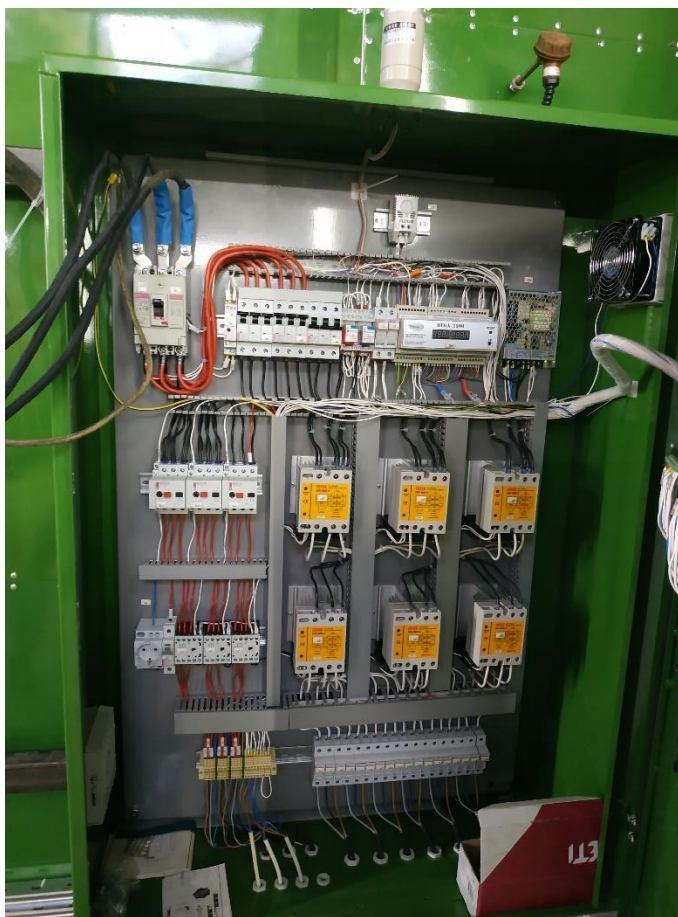


Рисунок 3.3 – Шафа розміщення апаратно-програмного модуля керування камерою полімеризації

3.2 Алгоритм роботи програми контролера MEGA2500

1. Вимірювання струмів на тенах (0 – 17) виконується циклічно. Програма вимірює струми по 10 секунд. Якщо значення рівне нулю, на екран display Amper виводиться повідомлення про помилку (номер тена на якому струм відсутній). При натисненні кнопки “UP”- (знаходиться на передній панелі контролера), буде показано значення струму наступного тена, таким чином можна швидко перевірити роботу всіх тенів.

При натисненні кнопки “RESET” - (знаходиться на передній панелі контролера) виконується перезапуск циклу вимірювання та відображення струму на тені №0.

2. Програма зчитує та виводить на екран display Timer2 значення часу які були встановленні раніше в процесі роботи та записані в енергонезалежну пам'ять.

При натисканні кнопки ГОДИНИ збільшується значення хвилин від 0 до 99. При натисканні кнопки ХВИЛИНИ зменшується значення хвилин від 99 до 0 .

3. Таймер відліку часу запускається на екрані display Timer1 в автоматичному режимі, коли один з трьох регуляторів виходить на задану температуру. Передбачено запуск в ручному режимі при натисканні кнопки Таймер СТАРТ.

4. Коли таймер запущено зміну часу роботи не передбачено.

5. Після запуску таймера програма починає рахунок від 0 до заданого часу, після цього вмикається сирена.

6. Для вимкнення сирени потрібно натиснути на кнопку Таймер СТОП.

7. Якщо один з трьох вентиляторів буде вимкнено, на екрані display Ampere буде зображено повідомлення про помилку – L1-L3 відповідно, почне мигати червона лампочка. Якщо ж будуть вимкнені усі три вентилятори, або відкриті двері сушки, то через 10 хвилин буде вимкнено головний автомат щита.

Програма працює циклічно, повторюючи всі кроки описані вище. На рисунку 3.4 наведено блок-схему управління камерою полімеризації.

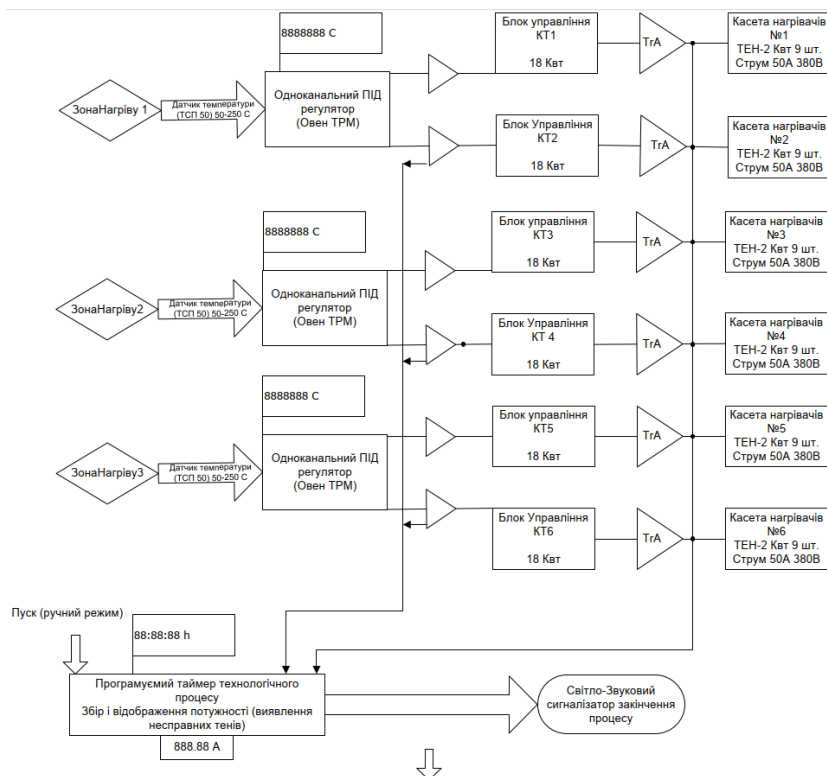


Рисунок 3.4 – Блок-схема управління сушильною камерою

3.3 Принцип роботи програмного модуля керування камерою полімеризації

Програма в Ардуїно складається з двох основних частин.

Перша із них – функція `setup()`. Вона виконується на початку виконання програми. Дана функція ініціалізує змінні, під'єднує бібліотеки, виставляє режими роботи входів та виходів, `Setup()` запускається лише раз після запуску програми або скидання всіх параметрів плати.

В свою чергу функція `loop()` робить точнісінько те, що означає її назву, і являє собою закритий цикл, який працює протягом всього часу роботи програми та надає користувачу можливість проводити обчислювальні операції чи змінювати параметри програми протягом її роботи (наприклад, змінювати яскравість світлодіода чи виставляти час роботи таймера)

На початку програми проголошуються робочі бібліотеки, необхідні для роботи.

```
#include "LedControl.h"
```

`LedControl.h` – бібліотека для драйверів дисплея `MAX7219` та `MAX7221` `Led`. Бібліотека підтримує кілька послідовних драйверів та підтримує дисплеї `Led-Matrix`, а також 7-сегментні дисплеї.

```
#include <TM1637.h>
```

Бібліотека призначена для роботи з модулем зі встановленим `LED` чотирирозрядний семисегментний `LED`-дисплей на основі `I2C`-драйвера `TM1637`.

```
#include <EEPROM.h>
```

`EPROM` пам'ять `Arduino` дозволяє зберігати важливі дані під час роботи програми, наприклад, налаштування роботи системи, навіть при відключенні живлення або при перезавантаженні мікроконтролера, оскільки вона є незалежною. Розглянемо, як працювати з `EEPROM` пам'яттю `Ардуїно` з прикладами запису та читання різних типів даних за допомогою команд стандартної бібліотеки `EEPROM.h`.

Далі йде проголошення директив `#define`. Наведемо приклади кількох:

```
#define butt_regim 9 //кнопка переключення аналогових входів
#define butt_reset 10 //кнопка reset аналогових входів
#define DIO 31 //вивід даних
#define CLK 32 //вхід тактових імпульсів
```

Далі проголошуємо прапорці

```
int flag=0;
int flag2=0;
int regim=0;
int inp, t=0;
```

Ініціалізуємо дисплеї:

```
TM1637 disp(CLK, DIO); //дисплей таймера
```

```
LedControl displayAmper = LedControl(dinPin, clkPin, csPin); //Дисплей амперметра
```

Відкриваємо функцію void setup(). Всередині неї визначаємо режими роботи і ініціалізацію змінних та інше.

```
_bounceInputD70 = digitalRead(44); //хвилини
_bounceInputD40 = digitalRead(18); //стоп таймер
_bounceInputD150 = digitalRead(15); //старт програми
_bounceInputD30 = digitalRead(46); //старт таймер
_bounceInputD60 = digitalRead(43); //години
pinMode(19, INPUT_PULLUP); //ПІД-регулятор TPM 210 №1
digitalWrite(19, HIGH);
pinMode(20, INPUT_PULLUP); // ПІД-регулятор TPM 210 №2
digitalWrite(20, HIGH);
pinMode(21, INPUT_PULLUP); // ПІД-регулятор TPM 210 №3
digitalWrite(21, HIGH);
pinMode(6, OUTPUT); //червона лампочка
pinMode(butt_regim, INPUT); //кнопка переключення між тенами
digitalWrite(butt_regim, HIGH);
pinMode(butt_reset, INPUT); //кнопка скидання перевірки тенів
digitalWrite(butt_reset, HIGH);
```

Всередині функції loop() виконує циклічну обробку:

- Перевірка стану кнопок встановлення часу (+ хв чи -)
- Перевірка виходу ПІД-регулятори на режим роботи
- Перевірка роботоздатності тенів (перемикання аналогових ходів від 0 до 17)
- Включення таймеру роботи, у випадку якщо все ПІД-и вийшли на режим та немає аварійної ситуації
- Перевірка входів на наявність сигналів аварійної ситуації
- У випадку надходження сигналу про аварію – переключення живлення з релейних перемикачів на виходів з червоною лампою та звуковим елементом

Для зручності експлуатації було організовано додатково дві функції:

void button_min() – робота таймеру при допомозі бібліотеки ТМ-1637, вивід часу роботи на дисплей.

void red_lamp() – функція мигання червоною аварійною лампою та включення сирени.

3.4 Налаштування ПІД-регуляторів ТРМ-210

Налаштування приладу призначене для завдання та запису настроюваних параметрів в енергонезалежну пам'ять приладу.

Для доступу до параметрів налаштування слід натиснути та утримувати кнопку протягом 3 секунд.

Якщо протягом 20 секунд під час налаштування не виконуються операції з кнопками, прилад автоматично повертається на роботу.

Основні параметри приладу об'єднані в меню приладу, що складається з наступних груп:

- LVOP – налаштування логічних пристроїв;
- AdV – додаткові налаштування регулятора;
- init – налаштування входів приладу, ВП, пристроїв сигналізації;
- LMAN – параметри ручного керування ПІД-регулятором;
- COMM – налаштування інтерфейсу RS-485.

На рисунку 3.5 зображено навігацію в меню ПІД-регуляторів ТРМ-210.

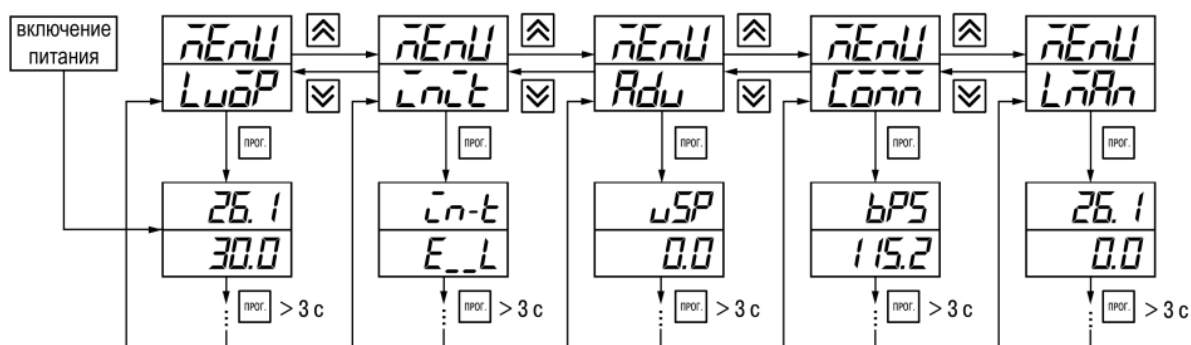


Рисунок 3.5 – Навігація в меню налаштувань ТРМ-210.

Перебуваючи в режимі РОБОТА, натиснути кнопку [ПРОГ] та утримувати не менше 3 с, переходимо в меню LuoP. Натиснувши кнопку "Λ", переходимо в меню in-t.

Код типу датчика

Задати значення параметра in-t у відповідності до типу датчика. Код ТС починається з літери r (resistor - опір), а далі вказується значення W100. У датчика з $R_0 = 100 \text{ Ом}$ у кодї після літери r ставиться крапка, для датчиків з $R_0 = 50 \text{ Ом}$ у кодї після літери r точка не ставиться. Для прикладу, код r.385 підходить для датчика типу ТСП 100П з $W100 = 1,3850$.

Кожен код ТП розпочинаються з латинської літери E (EPC), потім стоїть значення НСХ (номінальна статична характеристика) ТП. Наприклад, E_A2 буде відповідати датчику ТП ТВР(А-2).

Вихідні сигнали струму та напруги розпочинаються з літери "I" та "U" відповідно, за ними пишуться границі діапазону сигналу на вході. Наприклад, i0_5 підходить датчику з сигналом струму на виході від 0 до 5 мА.

Встановлення точності виведення температури

При використанні ТС та ТП можна встановити бажану точність відображення вимірної температури на індикатор. Для цього необхідно встановити параметр dPt.

Примітка - У разі використання датчиків з уніфікованим сигналом цей параметр для програмування недоступний.

При роботі з температурами вище 1000 °С рекомендується встановлювати значення параметра, що дорівнює 0, з температурами нижче 1000 °С - 1.

Визначення діапазону вимірювань

Використовуючи датчики зі стандартизованими вихідним сигналами напруги та струму, варто налаштувати значення діапазону вимірювань, вказавши значення для параметрів:

dP – положення десяткової точки;

in-L - нижня межа діапазону виміру;

in-H – верхня межа діапазону вимірювання.

Примітка - При використанні термоперетворювачів опору та термопар ці параметри на індикаторі не висвічуються.

Параметри in-L, in-H можуть набувати будь-яких значень, у тому числі in-L > in-H: від -1999 до 9999:

від -1999 до 9999 при dP = 0; від -19.99 до 99.99 при dP = 2;

від -199.9 до 999.9 при dP = 1; від -1.999 до 9.999 при dP = 3.

Увага! У разі встановлення значень in-L > in-H необхідно задати нові значення параметрам SL-L; SL-H (див. п. 6.2.4.1) та An-L; An-H.

Значення параметра dP впливає відображення вимірюваної величини. Для кожного типу датчика може бути встановлено значення цього параметра, яке буде збережено в пам'яті приладу для даного типу датчика. Тому при переході від датчиків з уніфікованими сигналами зі своїм встановленим значенням, наприклад, dP = 0,2 або 3 до датчиків ТС і ТП, у яких за умовчанням dP = 1, і навпаки, значення десяткової точки автоматично змінюється, що може призвести до зміни значення уставки а також параметрів, з такими ж одиницями виміру, що й величина яка вимірюється.

Щоб отримати вищу чіткість вимірів, слід вказати вище значення dP. Наприклад, при застосуванні датчиків тиску у яких діапазон виміру становить 0 – 15 атмосфер та сигналом струму на виході від 0 до 20 мА, результати найвищої чіткості отримуються від датчиків з такими параметрами: in-L = 0.00 та in-H = 15.00 при dP = 2.

Корекція вимірювальної характеристики

Корекція проводиться приладом після завдання необхідних значень параметрів SH – зміщення характеристики вимірювання датчика, KU – нахил вимірювальної характеристики датчика.

Параметр SH дозволяється змінювати в діапазоні від мінус 50,0 до 50,0 °С для температурних датчиків (ТСП, ТСМ та ТП), від мінус 500 до 500 – для аналогових.

Параметр KU можна змінювати в межах від 0.500 до 2.000 [18].

3.4 Висновки до розділу

В даному розділі було розглянуто розробку програмної частини модулю керування сушильною камерою, розписано алгоритм роботи контролера MEGA2500 та інструкцію з експлуатації для користувача.

В першому пункті наведено зображення зовнішнього вигляду шафи керування з відображенням усіх елементів інтерфейсу. В інструкції з експлуатації включено опис режимів роботи, індикації, встановлення часу роботи таймера, кнопок зупинки та скидання роботи сушильної камери.

В другому пункті описано алгоритм роботи контролера, його дії при заданні параметрів та натисканні клавіш управління, а також реакції на виникнення аварійних ситуації всередині камери. В кінці пункту наведено блок-схему управління сушильною камерою.

В третьому пункті зібрано нариси роботи програмного модуля. Описані основні функції, їх властивості та за що відповідають. Наведено приклади ініціалізованих змінних, входів-виходів, їх режимів роботи, а також проголошення бібліотек для роботи з пам'яттю та дисплеями.

ВИСНОВКИ

В даній дипломній роботі вивчено теоретичні основи технологічного процесу порошкового фарбування, розглянуто основну концепцію полімеризації порошкового покриття, а також фізичні явища, які його супроводжують.

Було досліджено існуючі проекти з розробки камер сушіння, а також визначено центральну роль мікроконтролеру в процесі розробки модулю автоматизованого керування. Також, в роботі розглянуто декілька прикладів промислових контролерів, які активно представлені на ринку. Досліджено їх особливості, переваги та недоліки.

Серед всіх ПЛК, які були розглянуті, за основу роботи було взято контролер на платформі Arduino від компанії Arduino Software. Даний контролер володіє певними перевагами в порівнянні із іншими сімействами контролерів для створення автоматизованих системи керування. Серед них можна виділити такі переваги:

- Легкість створення. Прилад не є надто складним, та не вимагає надто великих зусиль чи інфраструктури при конструюванні.
- Дешевизна приладу. Середня ціна коливається в діапазоні 100 - 200 євро, що, в порівнянні з іншими приладами такого ж рівня, є одним із найдешевших варіантів.
- Наявність готового та оптимізованого середовища розробки програмного забезпечення, яке наявне в безплатному доступі.
- Легкість прошивання мікропроцесора. Прошити прилад можна за допомогою ICSP роз'єму або через роз'єм USB.
- Прилад не вимагає додаткової робочої інфраструктури, для повноцінної роботи та передачі даних, якщо таку можливість потрібно буде реалізувати.
- Простий монтаж. Необхідні для приладу модулі мають невеликі розміри та вагу, а також не є сильно вибагливими до умов

розташування, що дозволяє без особливих проблем проводити монтажні роботи.

- Портативність. Прилад володіє малими габаритами та дуже легкими налаштуваннями, що дозволяє без особливих проблем міняти його місце розташування.

В ході практичної роботи було виконано такі завдання:

1. Зібрано робочий апаратний модуль та додаткові модулі реле та дисплеїв. Під'єднано сигнальні елементи та кнопки для управління мікроконтролером та задання параметрів роботи.
2. Пристрій був запрограмований через роз'єм Programming USB за допомогою програмного забезпечення Arduino IDE.
3. Було налаштовано ПІД-регулятори, з'єднано їх з датчиками температури.
4. ПІД-регулятори та датчики було встановлено в конструкцію сушильної камери.
5. Апаратний модуль вмонтовано всередину шафи управління.
6. Пристрій було з'єднано з трансформаторами струму (для перевірки роботоздатності ТЕН-ів).

Створена система повністю робоча та здатна виконувати покладені на неї функції і відповідає експлуатаційним характеристикам.

Під час виконання дипломної роботи було дотримано всіх необхідні правила безпеки, пов'язані з паяльними та монтажними роботами, а також правила роботи за персональним комп'ютером.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Управління підприємствами в умовах трансформації економіки – Житомир: ЖДТУ, 2015. – 465 с.
2. Особливості управління підприємствами в умовах глобальних викликів: монографія / За заг. ред. О. В. Зибаревої. Чернівці: Технодрук, 2016. 319 с.
3. КПІ. Порошкові лакофарбові матеріали [Електронний ресурс] / КПІ // Лекційний матеріал. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://kc.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/11/2021/02/Paints-and-varnishesLecture№6.pdf>.
4. Технологія порошкового покриття [Електронний ресурс] // Colour Step – Режим доступу до ресурсу: <https://colour-step.com/tehnologiya-poroshkovogo-pokrittya>.
5. Порошкове фарбування: як і чим наносити покриття [Електронний ресурс] // Lacover. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://lacover.ua/uk/poroshkove-farbuвання-yak-i-chim-nanositi-pokrittya/>.
6. Мікроконтролери: Архітектура, програмування та застосування в електромеханіці : навч. посіб. / Ю. С. Гришук. – Харків : НТУ «ХПІ», 2019. – 384 с.
7. Modicon TM4 Expansion Modules Programming Guide, 2022. – 146 с.
8. Програмний контролер S7-1200, SIEMENS [Електронний ресурс] // Eleksun – Режим доступу до ресурсу: <https://eleksun.com.ua/uk/blog/article/programnyy-kontroler-s7-1200-siemens>.
9. Overview SIMATIC S7-1200 [Електронний ресурс] // Industry Mall, product catalogue – Режим доступу до ресурсу: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/10045647?tree=CatalogTree>.
10. Настанова щодо експлуатування ПЛК63(M01) – Харків: ОВЕН. – 65 с.
11. О платформе Ардуино [Електронний ресурс] // Arduino.ua. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://doc.arduino.ua/ru/about/>.

12. Программируем Arduino. Профессиональная работа со скетчами . — СПб.: Питер, 2017. **С. Монк**
13. Arduino - бібліотеки. Встановлення, підключення, видалення [Електронний ресурс] // Optomiks – Режим доступу до ресурсу: <https://ortomiks.ru/uk/windows-7/arduino-biblioteki-ustanovka-podklyuchenie-udalenie-ustanovka-i-podklyuchenie/>.
14. Arduino Due [Електронний ресурс] // Arduino.ua – Режим доступу до ресурсу: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Due>.
15. Основи мікропроцесорної техніки [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://bmi.fbmi.kpi.ua/wp-content/uploads/2020/11/Fundamentals-of-microprocessor-systems.-Workshop.pdf>.
16. Модуль реле одноканальний 5В 10А [Електронний ресурс] // Geekmatic – Режим доступу до ресурсу: https://geekmatic.in.ua/ua/relay_module_1channel_5v.
17. ТРМ210. ПІД-регулятор з інтерфейсом RS-485 [Електронний ресурс] // ОВЕН – Режим доступу до ресурсу: <https://owen.ua/ua/vymiryuvachi-reguljatory/trm210-pid-regulator-z-interfeisom-rs-485>.
18. ОВЕН ТРМ200 Вимірювач багатофункціональний двоканальний [Електронний ресурс] // ОВЕН – Режим доступу до ресурсу: https://owen.ua/uploads/99/re_oven_trm200_0034_ua.pdf.

ДОДАТКИ

Додаток А. Зовнішній вигляд та характеристики комплектуючих

Додаток Б. Схеми апаратно-програмного модуля

Додаток В. Лістинг коду програми контролера

Додаток Г. Параметри налаштування ПД-регуляторів ТРМ-210

Додаток А

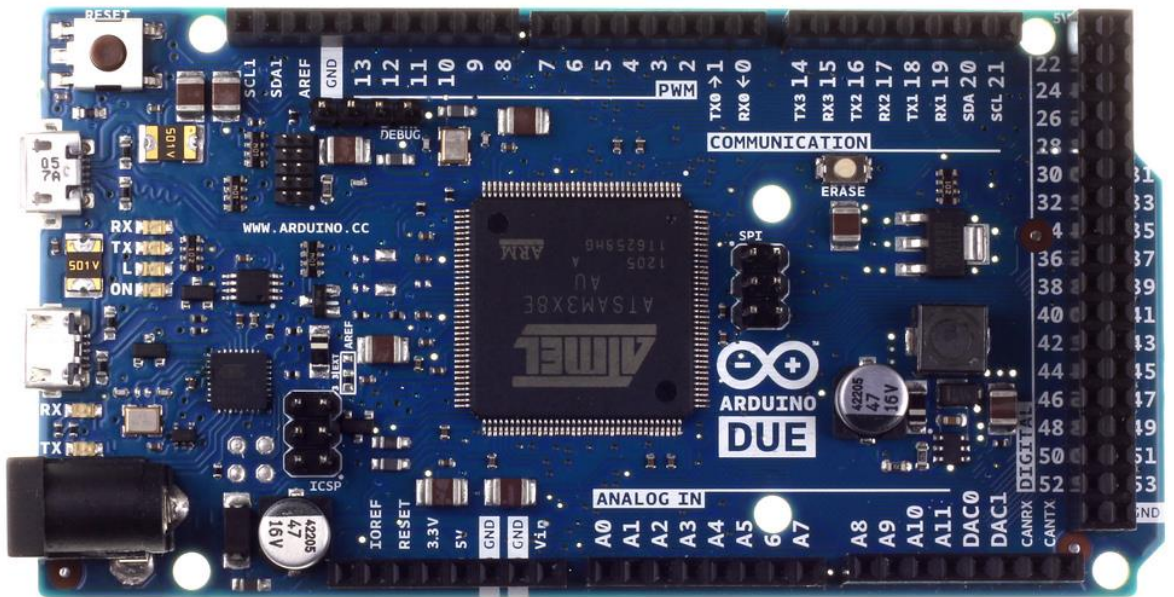


Рисунок 2.2 – Мікроконтролер Arduino Due

Таблиця 2.1

Характеристики *Arduino Duo*

Мікроконтролер	AT91SAM3X8E
Оперативна пам'ять:	96Кб
Обсяг Flash-пам'яті	512 Кб
Кількість цифрових входів/виходів:	54
Кількість каналів з підтримкою ШИМ	12
Кількість аналогових входів:	12
Кількість аналогових виходів:	2
Робоча температура	-40 ... 85 °C
Тактова частота	84 МГц
Робоча напруга	3.3В
Вхідна напруга (рекомендовано)	7 – 12 В
Максимальний вихідний ток вивода 3.3V	800 мА
Максимальний вихідний ток вивода 5V	800 мА
Кількість перетворювачів А / D 10біт	2

Кількість апаратно-послідовних портів UART	4
Інтерфейси	SPI, JTAG, TWI

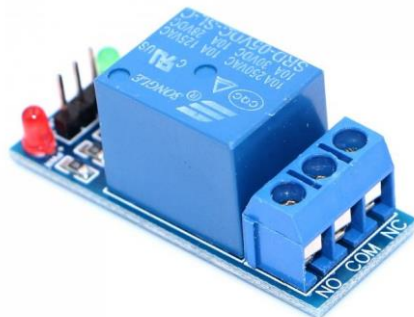


Рисунок 2.3 – Модуль реле АОС630

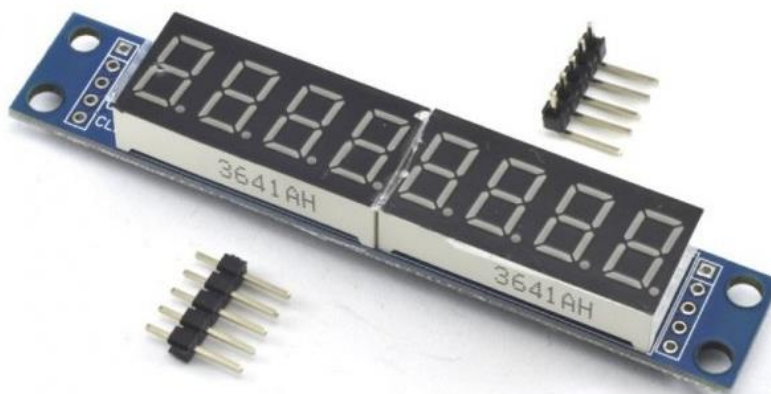


Рисунок 2.4 – Модуль МАХ7219

Таблиця 2.3

Характеристики МАХ7219

Напруга живлення	4 – 5 В
Мінімальний вживаний струм без індикації	150 мкА
Струм одного сегменту індикації	30-45 мА
Колір світла	Червоний
Габарити	50x31x15 мм

Таблиця 2.2

Характеристики АОС630

Напруга живлення	5 В
Сила струму	10 А
Мінімальний струм спрацювання	5-20 мА
Максимальний струм комутації	10 А при 250 В
Габарити	44x17x17 мм



Рисунок 2.5 – ПІД-регулятор ОВЕН TRM210

Таблиця 2.3

Характеристики TRM210

Живлення	
Напруга живлення	90...245 В СС
Частота напруги живлення	47...63 Гц
Універсальний вхід 1	
Час опитування входу	1 с
Вхідний опір при підключенні джерела живлення	
– струму	100 Ом ± 0,1 % (при підключенні зовн. резистора)
– напруги	не менше 100 кОм
Межа допустимої погрішності виміру вхідного параметра	±0,5 %
– при використанні термодетектора опору	±0,25 %

Додатковий вхід 2	
Опір зовнішнього ключа:	
– в стані «замкнено»	0...1 кОм
– в стані «розімкнено»	більше 100 кОм
Виходи	
Кількість вихідних пристроїв	2
Інтерфейс зв'язку	
Тип інтерфейсу	RS-485
Швидкість передачі даних	2.4; 4.8; 9.6; 14.4; 19.6; 28.8; 38.4; 57.6; 115.2 кбит/с



Рисунок 2.6 – Датчик температури ТСП

Таблиця 2.4

Характеристики ТСП 50-250 С

Діапазон вимірювання температури	-50...250°C (ТСП) / 0-150 °C (ТСП-У)
Номинальна статична характеристика	Pt1000
Клас допуску	В
Схема підключення	2-х провідна
Довжина монтажних виходів	1000 мм
Матеріал захисної арматури	Сталь 12Х18Н10Т
Ступінь захисту корпусу	IP54
Провід	Посріблений, мідний, з екраном, з січенням 0,22 кв.мм
Різьба	M20x1,5
Показник інерції, с	18...25
Вихідний сигнал	Термопара / 4-20 мА (тільки для ТСП-У)
Середовище застосування	Повітря/вода

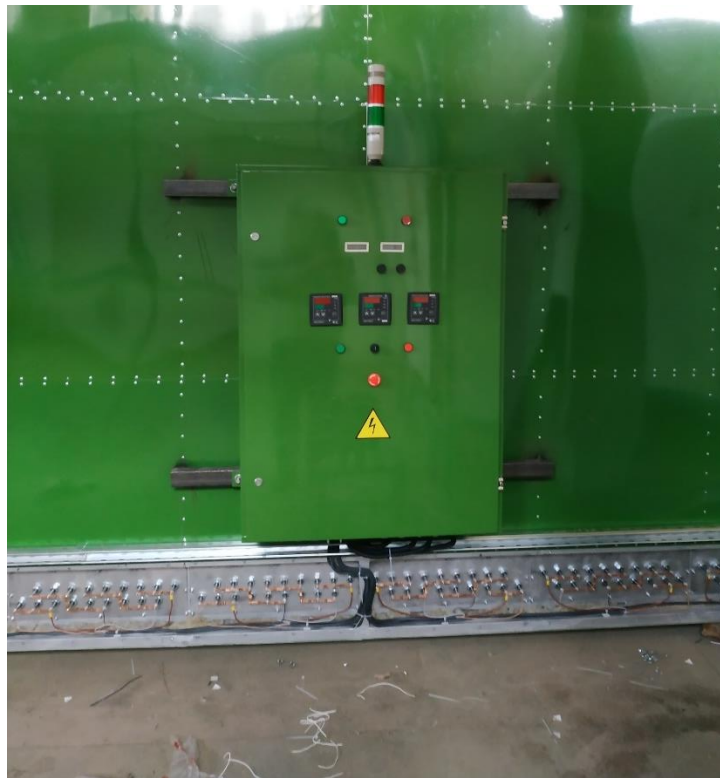


Рисунок №3.2 Зовнішній вигляд блоку керування.



Рисунок 3.3 – Шафа розміщення апаратно-програмного модуля керування камерою полімеризації

Додаток Б

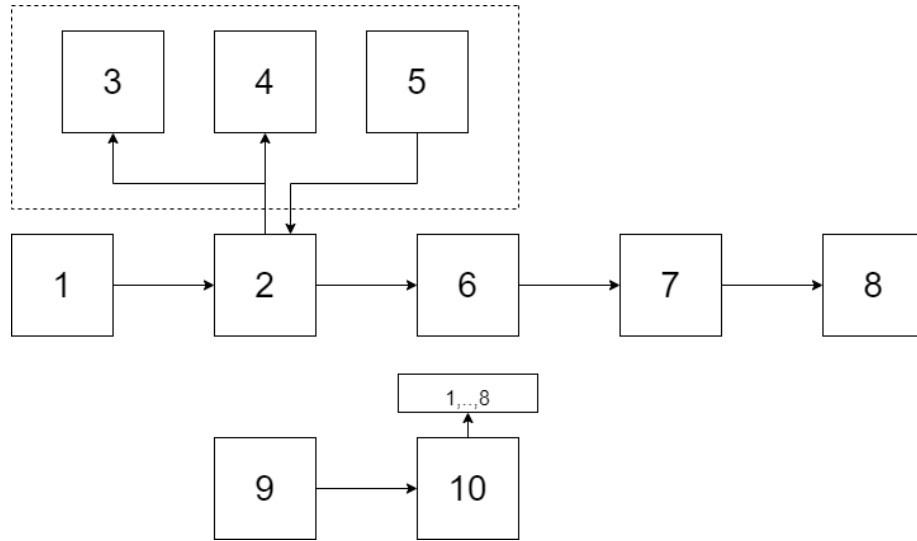


Рисунок 2.1 – Функціональна схема модулю керування сушильною

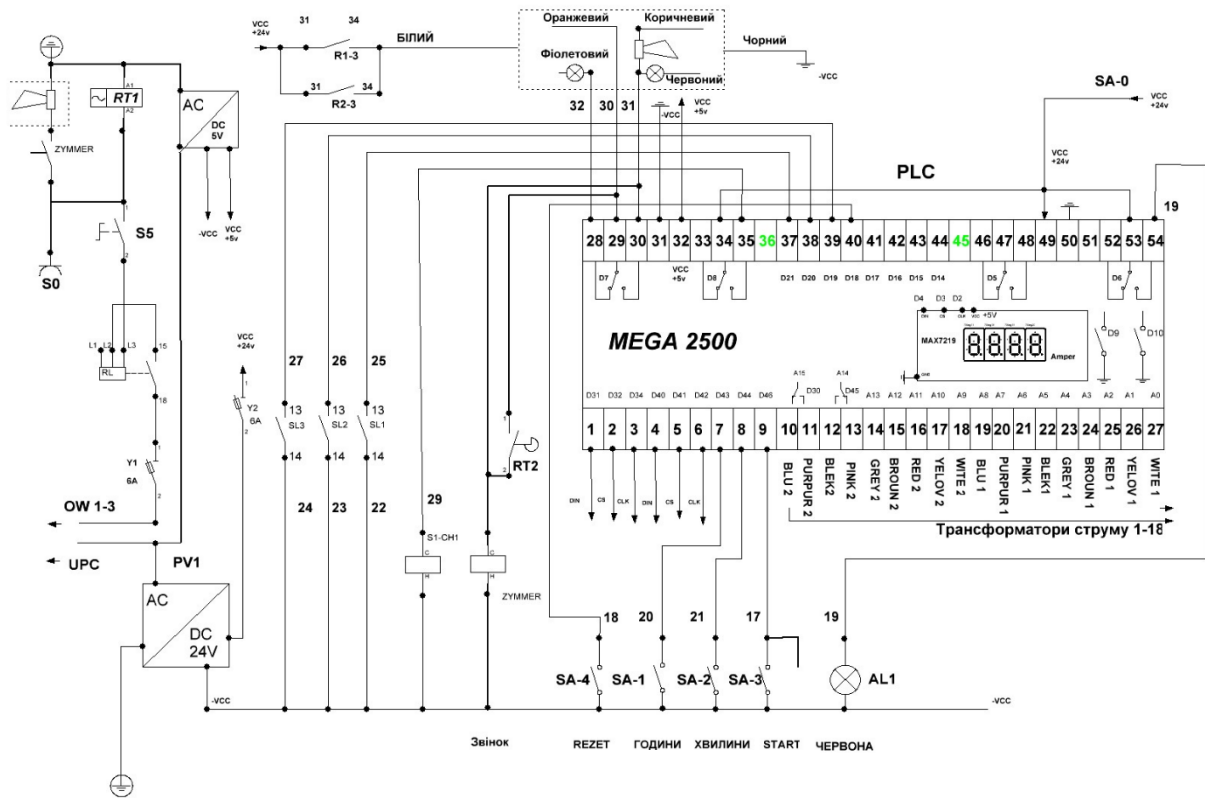


Рисунок 2.7 Принципова схема модулю управління сушильною камерою

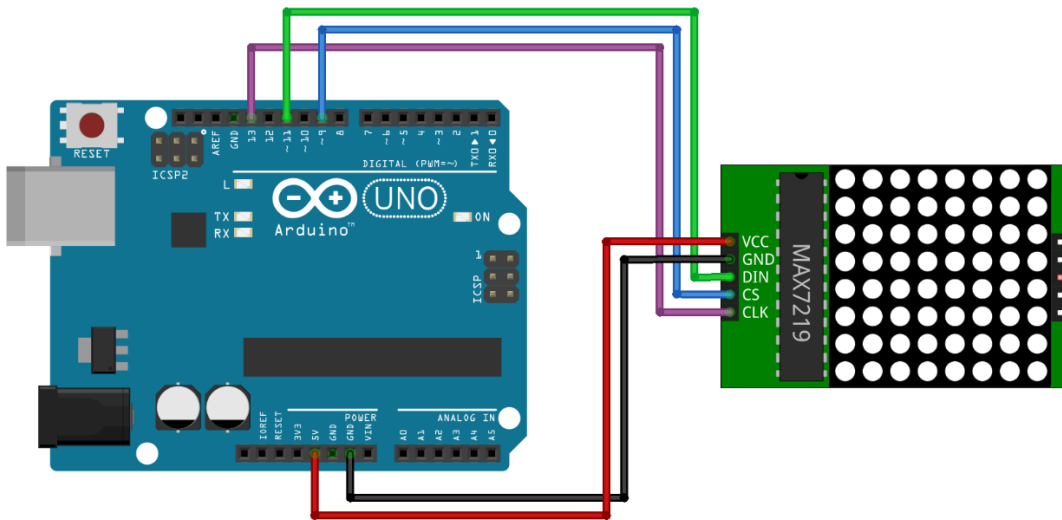


Рисунок 2.8 – Візуальна демонстрація з'єднання світлодіодної матриці.

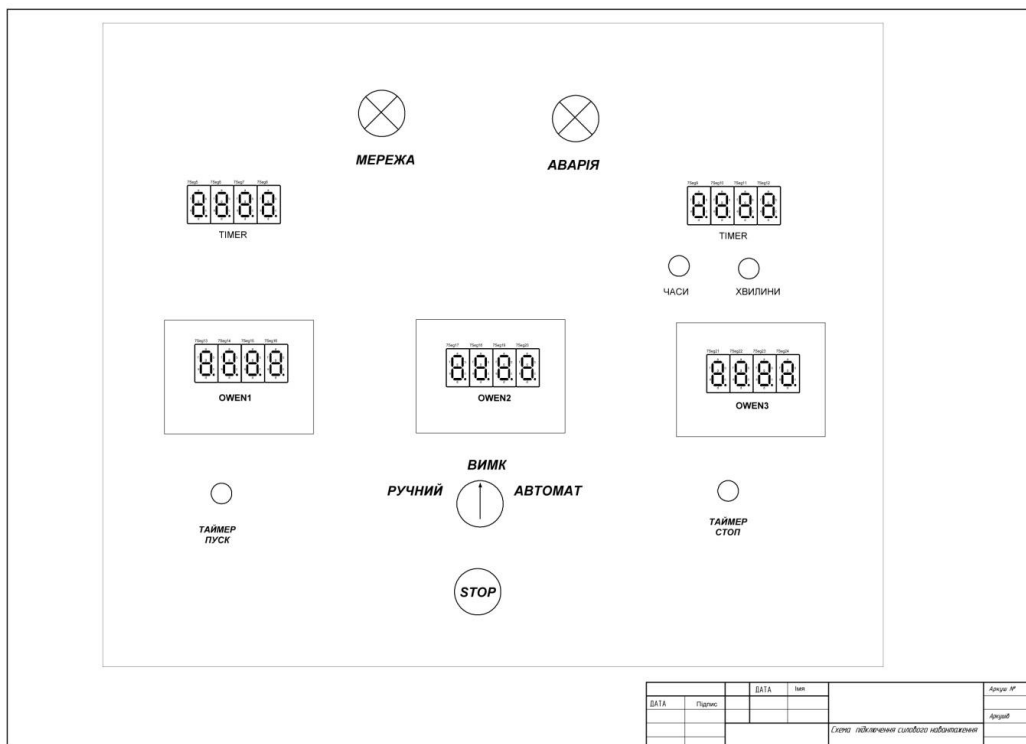


Рисунок №3.1 Зовнішній вигляд блоку керування.

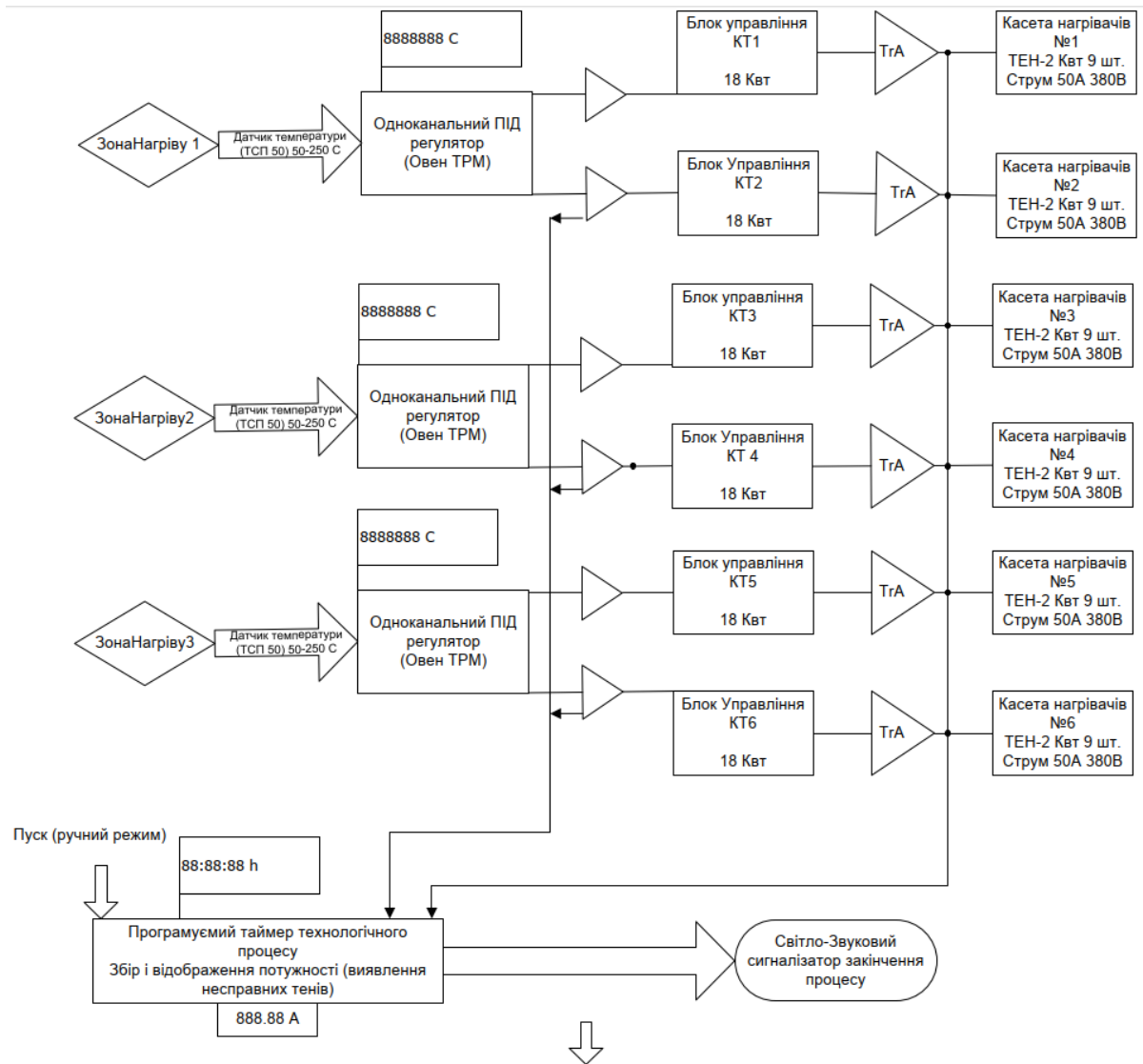


Рисунок 3.2 – Блок-схема управління сушильною камерою

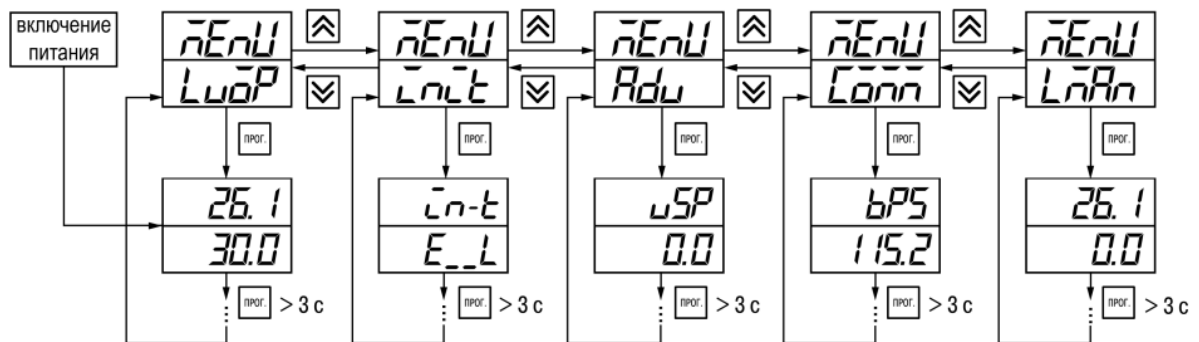


Рисунок 3.3 – Навігація в меню налаштувань TRM-210.

Додаток В

```
//робочий проект остання версія 2021 MEGA
#include "LedControl.h"
#include <TM1637.h>
#include <EEPROM.h>
#define addr_min1 50
#define addr_min2 100
//#define addr_hour1 150
//#define addr_hour2 200
//amper pin
#define dinPin 4
#define clkPin 2
#define csPin 3
#define ErrBut 10
#define butt_regim 9 //кнопка переключення аналогових входів
#define butt_reset 10 //кнопка reset аналогових входів
#define DIO 31 //gray
#define CLK 32 //white
int z, a, c, v, i, u, ns;
const int analogInPin = A0;
int sensorValue;
int x=0;
int max;
int err1, err2;
int s, avg, errtime, err=20;
//int Analog[17];
// unsigned long currentMillis = millis();
unsigned long sixtiming;
unsigned long analogtiming;
unsigned long militiming;
unsigned long timing_10m;
unsigned long timing_5m;
unsigned long xtiming;
unsigned long xxtiming;
unsigned long xxxtiming;
```

```

unsigned long ztiming;
int tc;
int flag=0;
int flag2=0;
int regim1, regim2;
int regim=0;
int inp, t=0;
TM1637 disp(CLK, DIO); //дисплей таймера
LedControl displayAmper = LedControl(dinPin, clkPin, csPin); //Дисплей амперметра
byte _max7219_sevSegArr[8];
bool _bounse5S = 0;
bool _bounse5O = 0;
unsigned long _bounse5P = 0UL;
bool _bounse6S = 0;
bool _bounse6O = 0;
unsigned long _bounse6P = 0UL;
bool _bounseInputD6S = 0;
bool _bounseInputD6O = 0;
unsigned long _bounseInputD6P = 0UL;
bool _bounse4S = 0;
bool _bounse4O = 0;
unsigned long _bounse4P = 0UL;
bool _bounseInputD3S = 0;
bool _bounseInputD3O = 0;
unsigned long _bounseInputD3P = 0UL;
bool _bounseInputD9S = 0;
bool _bounseInputD9O = 0;
unsigned long _bounseInputD9P = 0UL;
bool _bounse3S = 0;
bool _bounse3O = 0;
unsigned long _bounse3P = 0UL;
bool _bounseInputD4S = 0;
bool _bounseInputD4O = 0;
unsigned long _bounseInputD4P = 0UL;
bool _bounse1S = 0;

```

```

bool _bounse1O = 0;
unsigned long _bounse1P = 0UL;
bool _bounseInputD8S = 0;
bool _bounseInputD8O = 0;
unsigned long _bounseInputD8P = 0UL;
bool _bounse2S = 0;
bool _bounse2O = 0;
unsigned long _bounse2P = 0UL;
bool _bounseInputD7S = 0;
bool _bounseInputD7O = 0;
unsigned long _bounseInputD7P = 0UL;
bool _bounse15S = 0;
bool _bounse15O = 0;
unsigned long _bounse15P = 0UL;
bool _bounseInputD15S = 0;
bool _bounseInputD15O = 0;
unsigned long _bounseInputD15P = 0UL;
bool _trgs1 = 0;
////////////////////////////////////
byte Step = 0;
int ledState = LOW;
unsigned long redtiming=0;
unsigned long timing;
int t_10m;
int sec1;
int sec2;
int min1;
int min2;
//int hour1;
//int hour2;
int s1;
int s2;
int m1;
int m2;
//int h1;

```

```

//int h2;
byte mode;
////////////////////////////////////
void setup()
{
  // Serial.begin(9600);
  sec2 = 0;
  sec1 = 0;
  //min2=0;
  //min1=0;
  //button_counter = EEPROM.get (addr_button_counter, button_counter);
  ///////////////////////////////////
  ///////////////////////////////////
  min2 = EEPROM.get (addr_min2, min2);
  min1 = EEPROM.get (addr_min1, min1);
  ///////////////////////////////////
  ///////////////////////////////////
  //min2 = EEPROM.read(addr_min2);
  //min1 = EEPROM.read(addr_min1);
  //hour2 = EEPROM.read(addr_hour2);
  //hour1 = EEPROM.read(addr_hour1);
  //hour2 = EEPROM.get (addr_hour2, hour2);
  //hour1 = EEPROM.get (addr_hour1, hour1);
  //pinMode(40, INPUT_PULLUP);
  //pinMode(42, INPUT_PULLUP);
  //pinMode(41, INPUT_PULLUP);
  //реле на живлення- екранів
  digitalWrite(5, HIGH);
  pinMode(19, INPUT_PULLUP); //тпм 210 №1
  digitalWrite(19, HIGH);
  pinMode(20, INPUT_PULLUP); //тпм 210 №2
  digitalWrite(20, HIGH);
  pinMode(21, INPUT_PULLUP); //тпм 210 №3
  digitalWrite(21, HIGH);
  pinMode(44, INPUT_PULLUP);

```



```

digitalWrite(44, HIGH);
//pinMode(8, INPUT_PULLUP);
//digitalWrite(8, HIGH);
//pinMode(9, INPUT);
//digitalWrite(9, HIGH);
pinMode(43, INPUT_PULLUP);
digitalWrite(43, HIGH);
pinMode(18, INPUT_PULLUP);
digitalWrite(18, HIGH);
pinMode(46, INPUT_PULLUP);
digitalWrite(46, HIGH);
pinMode(15, INPUT_PULLUP);
digitalWrite(15, HIGH);
pinMode(6, OUTPUT); //червона лампочка
digitalWrite(6, HIGH);
pinMode(7, OUTPUT);
digitalWrite(7, HIGH);
pinMode(8, OUTPUT);
digitalWrite(8, HIGH);
////////////////////////////////////
//видалити
//pinMode(13, OUTPUT);
//digitalWrite(13, LOW);
////////////////////////////////////
_bounceInputD70 = digitalRead(44); //хвилини
//_bounceInputD80 = digitalRead(8); //-
_bounceInputD40 = digitalRead(18); //стоп таймер 18
//_bounceInputD30 = digitalRead(4); //старт таймер 46
_bounceInputD150 = digitalRead(15); //старт програми
_bounceInputD30 = digitalRead(46); //старт таймер
//_bounceInputD90 = digitalRead(9); //-
_bounceInputD60 = digitalRead(43); //години
displayAmper.clearDisplay(0);
displayAmper.shutdown(0, false);
displayAmper.setIntensity(0, 10);

```

```

pinMode(butt_regim, INPUT);
digitalWrite(butt_regim, HIGH);
pinMode(butt_reset, INPUT);
digitalWrite(butt_reset, HIGH);
pinMode(30, OUTPUT);
digitalWrite(30, HIGH);
pinMode(45, OUTPUT);
digitalWrite(45, HIGH);
disp.init();
disp.set(BRIGHT_TYPICAL);
}
void loop() {
bool _bounceInputTmpD7 = (digitalRead (44));
if (_bounceInputD7S)
{
if (millis() >= (_bounceInputD7P + 40))
{ _bounceInputD7O= _bounceInputTmpD7; _bounceInputD7S=0;}
}
else
{
if (_bounceInputTmpD7 != _bounceInputD7O )
{ _bounceInputD7S=1; _bounceInputD7P = millis();}
}

bool _bounceInputTmpD6 = (digitalRead (43));

if (_bounceInputD6S)
{
if (millis() >= (_bounceInputD6P + 40))
{ _bounceInputD6O= _bounceInputTmpD6; _bounceInputD6S=0;}
}
else
{
if (_bounceInputTmpD6 != _bounceInputD6O )
{ _bounceInputD6S=1; _bounceInputD6P = millis();}
}
}

```

```

    }
    bool _bounceInputTmpD4 = (digitalRead (18));////////////////////////////////18

    if (_bounceInputD4S)
    {
        if (millis() >= (_bounceInputD4P + 40))
            { _bounceInputD4O= _bounceInputTmpD4; _bounceInputD4S=0;}
        }
    else
    {
        if (_bounceInputTmpD4 != _bounceInputD4O )
            { _bounceInputD4S=1; _bounceInputD4P = millis();}
        }
    bool _bounceInputTmpD3 = (digitalRead (46)); //////////46////////////////////////////////////

    if (_bounceInputD3S)
    {
        if (millis() >= (_bounceInputD3P + 40))
            { _bounceInputD3O= _bounceInputTmpD3; _bounceInputD3S=0;}
        }
    else
    {
        if (_bounceInputTmpD3 != _bounceInputD3O )
            { _bounceInputD3S=1; _bounceInputD3P = millis();}
        }
    bool _bounceInputTmpD15 = (digitalRead (15)); //////////15

    if (_bounceInputD15S)
    {
        if (millis() >= (_bounceInputD15P + 40))
            { _bounceInputD15O= _bounceInputTmpD15; _bounceInputD15S=0;}
        }
    else
    {
        if (_bounceInputTmpD15 != _bounceInputD15O )
            { _bounceInputD15S=1; _bounceInputD15P = millis();}
    }

```

```

    }
    bool _bounceTmpD15 = !(_bounceInputD15O);
    if(_bounce15S)
    {
        if(millis() >= (_bounce15P + 40))
            {_bounce15O= _bounceTmpD15; _bounce15S=0;}
    }
    else
    {
        if( _bounceTmpD15 != _bounce15O )
            {_bounce15S=1; _bounce15P = millis();}
    }
    bool _bounceTmpD2 = !(_bounceInputD3O);
    if(_bounce2S)
    {
        if(millis() >= (_bounce2P + 40))
            {_bounce2O= _bounceTmpD2; _bounce2S=0;}
    }
    else
    {
        if( _bounceTmpD2 != _bounce2O )
            {_bounce2S=1; _bounce2P = millis();}
    }
    bool _bounceTmpD1 = !(_bounceInputD4O);
    if(_bounce1S)
    {
        if(millis() >= (_bounce1P + 40))
            {_bounce1O= _bounceTmpD1; _bounce1S=0;}
    }
    else
    {
        if( _bounceTmpD1 != _bounce1O )
            {_bounce1S=1; _bounce1P = millis();}
    }
    bool _bounceTmpD3 = !(_bounceInputD6O);

```

```

if (_bounse3S)
{
  if (millis() >= (_bounse3P + 40))
    {_bounse3O= _bounseTmpD3; _bounse3S=0;}
}
else
{
  if( _bounseTmpD3 != _bounse3O )
    {_bounse3S=1; _bounse3P = millis();}
}
bool _bounseTmpD4 = !(_bounseInputD7O);
if (_bounse4S)
{
  if (millis() >= (_bounse4P + 40))
    {_bounse4O= _bounseTmpD4; _bounse4S=0;}
}
else
{
  if( _bounseTmpD4 != _bounse4O )
    {_bounse4S=1; _bounse4P = millis();}
}
bool _bounseTmpD5 = !(_bounseInputD8O);

if (_bounse5S)
{
  if (millis() >= (_bounse5P + 40))
    {_bounse5O= _bounseTmpD5; _bounse5S=0;}
}
else
{
  if( _bounseTmpD5 != _bounse5O )
    {_bounse5S=1; _bounse5P = millis();}
}

bool _bounseTmpD6 = !(_bounseInputD9O);

```

```

if (_bounce6S)
{
  if (millis() >= (_bounce6P + 40))
    {_bounce6O= _bounceTmpD6; _bounce6S=0;}
}
else
{
  if( _bounceTmpD6 != _bounce6O )
    {_bounce6S=1; _bounce6P = millis();}
}

```

```

////////////////////////////////////

```

```

//

```

```

//TPM 210

```

```

// Serial.print(" "); //

```

```

//Serial.print(t_10m); //

```

```

//Serial.println(" ");

```

```

//Serial.print("timing_5m = ");

```

```

//Serial.println(timing_5m); //

```

```

if (digitalRead(19)==LOW) {
  displayAmper.setChar(0, 3, 'L', false); //err
  displayAmper.setChar(0, 2, '3', false); //err
  red_lamp();
} else if (digitalRead(20)==LOW) {
  displayAmper.setChar(0, 3, 'L', false); //err
  displayAmper.setChar(0, 2, '2', false); //err
  red_lamp();
} else if (digitalRead(21)==LOW) {
  displayAmper.setChar(0, 3, 'L', false); //err
  displayAmper.setChar(0, 2, '1', false); //err
  red_lamp();
} else {
  displayAmper.setChar(0, 3, ' ', false); //err

```

```

    displayAmper.setChar(0, 2, ' ', false); //err
    //digitalWrite(6, HIGH);
}
if ((digitalRead(19)==LOW && digitalRead(20)==LOW && digitalRead(21)==LOW)) {
    if (millis() - timing_10m > 1000){
        timing_10m = millis();
        t_10m++;}
    if (t_10m == 600) {
        digitalWrite(8, LOW); //головный
        //digitalWrite(6, LOW); // месм
    }
} else t_10m=0;
if (mode == 0) {

    //num = 0;
    //analog();
    button_min();
    //////////////////////////////////////

    if (_bounse150) { //mode = 1;
        if (millis() - timing > 500){
            timing = millis();
            mode = 1;
        }
    }
}
else if (mode == 1) {
    disp.display(5, '.');
    //disp.display(5, POINT_OFF);
    disp.display(3, '.');
    disp.display(2, '.');
    //disp.display(2, ' ');
    disp.display(0, '.');
    disp.display(1, '.');
    //delay(5000);
}

```

```

analog();
//button_min();
////////////////////////////////////

if (_bounse2O) {
  if (millis() - timing > 2000){
    timing = millis();
    mode = 2;
  }
}
}

else if (mode == 2) {
  digitalWrite(6, HIGH);
  displayAmper.setChar(0, 7, '', false); //tens min
  displayAmper.setChar(0, 6, '', false); //min
  displayAmper.setChar(0, 5, '', false); //tens min
  displayAmper.setChar(0, 4, '', false); //tens min
  displayAmper.setChar(0, 3, '', false); //tens min
  displayAmper.setChar(0, 2, '', false); //tens min
  displayAmper.setChar(0, 1, '', false); //tens secs
  displayAmper.setChar(0, 0, '', false); //secs

if (min1==m1 && min2==m2 && s1==sec1 && s2==0+1) {
  digitalWrite(7, LOW);
  //digitalWrite(13, HIGH);
  //кнопка стоп
  if (_bounse1O){
    mode= 0;
    //digitalWrite(13, LOW);
    digitalWrite(7, HIGH); //серена не робить
    s1 = 0;
    s2 = 0;
    m1 = 0;
    m2 = 0;
  }
} else {

```



```

//disp.display(5, '.');////////////////////////////////////
//disp.display(5, POINT_OFF);
disp.display(3, s2);
disp.display(2, s1);
//disp.display(2, ' ');
disp.display(1, m2);
disp.display(0, m1);

if (millis() - timing > 1000){
  timing = millis();
  //analog();
  s2++;

  if (s2 == 10) {
    s2 = 0;
    s1 ++;}
    if (s1 == 6) {
      s1 = 0;
      m2 ++;}
      if (m2 == 10) {
        m2 = 0;
        m1 ++;}
        if (m1 == 9) {
}
}
}
}

void analog() {
  if (millis() - analogtiming > 100){
    analogtiming = millis();
    t++;
    if (t==10) {
      regim++;
      t=0;

```

```

    if (regim > 17)
    regim=0;
    }
}

////////////////////// перемикання аналогових входів кнопкою
if(digitalRead(butt_regim)==LOW&&flag==0)//если кнопка нажата
//и перемення flag равна 0 , то ...
{
    regim++;
    flag=1;
    t=0;
    ns=0;
    s=0;
    avg=max;

    if(regim>17)//ограничим количество режимов
    {
        regim=0;//так как мы используем только одну кнопку,
        //то переключать режимы будем циклично
    }
}

if(digitalRead(butt_regim)==HIGH&&flag==1)//кнопка режим
//и переменная flag равна - 1 ,то ...
{
    flag=0;//обнуляем переменную "кнопка"
}

////////////////////// reset
if(digitalRead(butt_reset)==LOW&&flag2==0)//если кнопка нажата
//и перемення flag равна 0 , то ...
{
    digitalWrite(6, HIGH);
    regim=0;
    flag2=1;
    t=0;
    ns=0;
}

```

```

s=0;
err=20;
avg=max;
}
if(digitalRead(butt_reset)==HIGH&&flag2==1)//кнопка reset
{
    flag2=0;//обнуляем переменную "кнопка"
}
//if(Analog[regim]) inp=regim;
if(regim==0) inp=0;
if(regim==1) inp=1;
if(regim==2) inp=2;
if(regim==3) inp=3;
if(regim==4) inp=4;
if(regim==5) inp=5;
if(regim==6) inp=6;
if(regim==7) inp=7;
if(regim==8) inp=8;
if(regim==9) inp=9;
if(regim==10) inp=10;
if(regim==11) inp=11;
if(regim==12) inp=12;
if(regim==13) inp=13;
if(regim==14) inp=14;
if(regim==15) {
    inp=14;
    digitalWrite(45, LOW); //Реле 1(30)
} else {
    digitalWrite(45, HIGH);
}
if(regim==16) {
    inp=15;
    digitalWrite(30, LOW); //Реле 2(45)
} else {
    digitalWrite(30, HIGH);
}

```

```

}
if(regim==17) inp=15;
  x++;
  sensorValue = (analogRead(inp) /24);

  //Serial.println(int(sensorValue)); //
  //Serial.print("x = ");
  //Serial.println(x);
  //Serial.print("avg = ");
  //Serial.println(avg);
  //Serial.print("errrrrrrrrrrrrrrrrrrrrr = "); //
  //Serial.println(err);          //
  //Serial.println(sensorValue);
  //delay(1);
  if (max<sensorValue)
    max=sensorValue;
  if (x==25) {
    x=0;
    ns++;
    s=s+max;
    avg=s/ns;
    if (avg <= 20 && t==8) {
      err=regim;
      errtime++;
    }
    if (avg >= 20 && t==8 && err==regim) {
      errtime = 0;
    }

    if (ns==20 || t==9){
      ns=0;
      s=0;
      avg=max;
    }
    regim1=(regim) /10%10;    // десятки

```

```

    regim2=(regim) %10;      // один
    err1=(err) /10%10;     // десятки
    err2=(err) %10;       // один
    //if (err==20) {
    displayAmper.setChar(0, 5, ' ', false); //err
    displayAmper.setChar(0, 4, ' ', false); //err
    //red_lamp();
    if (err!=20 && errtime >= 3) {
    displayAmper.setDigit(0, 5, err1, false); //err
    displayAmper.setDigit(0, 4, err2, false); //err
    //digitalWrite(6, LOW);
    red_lamp();
    }
    displayAmper.setDigit(0, 6, regim2, false); //d2
    displayAmper.setDigit(0, 7, regim1, false); //d2
    max=0;
    //////////////////////////////////////
    //значення струму
    //////////////////////////////////////
    z=(avg) /10%10;      // сотни
    v=(avg) %10;       // десятки
    displayAmper.setDigit(0, 1, z, false);
    displayAmper.setDigit(0, 0, v, false);
    }

}

void button_min(){
    disp.display(5, '.');
    //disp.display(5, POINT_OFF);
    disp.display(3, sec2);
    disp.display(2, sec1);
    //disp.display(2, ' ');
    disp.display(1, min2);
    disp.display(0, min1);
    digitalWrite(7, HIGH); // серена не робить

```

```

digitalWrite(13, LOW);
if(_bounse30) {
    //pin43 хвилини ++
    if(millis() - ztiming > 800){
        ztiming = millis();
        if(min2 < 9) min2++;
        else {min2 = 0;
            min1++;}
        if((min1 == 9) && (min2 == 1)){
            min1 = 0;
            min2 = 1;
        }
    }
}
if(_bounse40) {
    //pin44 хвилини --
    if(millis() - ztiming > 800){
        ztiming = millis();
        //if (tc<=80) {
        // if (millis() - xtiming > 600){
        // xtiming = millis();
        if(min2 > 0) min2--;
        else {min2 = 9;
            min1--;}
        if((min1 == 0) && (min2 == 0)){
            min1 = 9;
            min2 = 0;
        }
    }
}
EEPROM.put(addr_min1, min1);
EEPROM.put(addr_min2, min2);

}
void red_lamp(){

```

```
    if (millis() - redtiming >= 1000) {  
    // save the last time you blinked the LED  
    redtiming = millis();  
    // if the LED is off turn it on and vice-versa:  
    if (ledState == LOW) {  
        ledState = HIGH;  
    } else {  
        ledState = LOW;  
    }  
    digitalWrite(6, ledState);  
}  
}
```

Додаток Г

Параметри налаштування приладу зони нагріву ТРМ-210 №1

Имя	Характеристика	Значение
Группа LvoP Рабочие параметры прибора		
SP	Уставка регулятора	180.0
r-S	Запуск/остановка регулирования	StoP
Группа Init Основные параметры прибора		
in-t	Тип входного датчика или сигнала	100П 1.385
dPt	Точность вывода температуры на входе	1
SL-L	Нижняя граница задания уставки SP	-199.9
SL-H	Верхняя граница задания уставки SP	750.0
SH	Сдвиг характеристики	0.0
KU	Наклон характеристики	1.000
inF	Постоянная времени цифрового фильтра	10
Fb	Полоса цифрового фильтра	0.0
Ev-1	Функция ключа на дополнительном входе	n-C
Alt	Тип логики работы компаратора	04
AL-d	Порог срабатывания компаратора	5.0
AL-H	Гистерезис компаратора	5.0
orEU	Тип управления при регулировании	or-r
CP	Период следования управляющих импульсов при регулировании	5
Группа Adv Параметры регулирования и LBA		
vSP	Скорость выхода температуры на уставку SP	0.0
CntL	Режим регулирования	Pid
P	Зона пропорциональности ПИД-регулятора	14.9
i	Интегральная постоянная ПИД-регулятора	1005.9
d	Дифференциальная постоянная ПИД-регулятора	150.9
db	Зона нечувствительности регулятора	0.0
oL-L	Ограничение минимальной выходной мощности	0.0
oL-H	Ограничение максимальной выходной мощности	100.0
orL	Предел относительного изменения выходной мощности	100.0
mvEr	Значение выходного сигнала в состоянии 'ошибка'	0.0
mdSt	Состояние выхода в режиме 'остановка регулирования'	mvSt

Параметры настройки прибора ТРМ 210 №2 (2 зона нагріву)

Имя	Характеристика	Значение
Группа LvoP Рабочие параметры прибора		
SP	Уставка регулятора	180.0
r-S	Запуск/остановка регулирования	rUn
At	Запуск/остановка автонастройки	StoP
Группа LmAn Параметры дистанционного управления регулятором		
o-Ed	Задаваемый выходной сигнал регулятора	0.0
Группа Init Основные параметры прибора		
in-t	Тип входного датчика или сигнала	100P 1.385
dPt	Точность вывода температуры на входе	1
SL-L	Нижняя граница задания уставки SP	0.0
SL-H	Верхняя граница задания уставки SP	200.0
SH	Сдвиг характеристики	0.0
KU	Наклон характеристики	1.000
inF	Постоянная времени цифрового фильтра	28
Fb	Полоса цифрового фильтра	0.0
Ev-1	Функция ключа на дополнительном входе	n-C
ALt	Тип логики работы компаратора	04
AL-d	Порог срабатывания компаратора	10.0
AL-H	Гистерезис компаратора	0.0
orEU	Тип управления при регулировании	or-r
CP	Период следования управляющих импульсов при регулировании	1
Группа Adv Параметры регулирования и LBA		
vSP	Скорость выхода температуры на уставку SP	0.0
P	Зона пропорциональности ПИД-регулятора	5.8
i	Интегральная постоянная ПИД-регулятора	3000.0
d	Дифференциальная постоянная ПИД-регулятора	414.7
db	Зона нечувствительности регулятора	0.0
oL-L	Ограничение минимальной выходной мощности	0.0
oL-H	Ограничение максимальной выходной мощности	100.0
orL	Предел относительного изменения выходной мощности	100.0

Параметры настройки прибора ТРМ 210 №3 (3 зона нагріву)

Имя	Характеристика	Значение
Группа LvoP Рабочие параметры прибора		
SP	Уставка регулятора	180.0
r-S	Запуск/остановка регулирования	rUn
At	Запуск/остановка автонастройки	StoP
Группа LmAn Параметры дистанционного управления регулятором		
o-Ed	Задаваемый выходной сигнал регулятора	0.0
Группа Init Основные параметры прибора		
in-t	Тип входного датчика или сигнала	100П 1.385
dPt	Точность вывода температуры на входе	1
SL-L	Нижняя граница задания уставки SP	-199.9
SL-H	Верхняя граница задания уставки SP	750.0
SH	Сдвиг характеристики	0.0
KU	Наклон характеристики	1.000
inF	Постоянная времени цифрового фильтра	11
Fb	Полоса цифрового фильтра	0.0
Ev-1	Функция ключа на дополнительном входе	n-C
ALt	Тип логики работы компаратора	04
AL-d	Порог срабатывания компаратора	5.0
AL-H	Гистерезис компаратора	5.0
orEU	Тип управления при регулировании	or-r
CP	Период следования управляющих импульсов при регулировании	5
Группа Adv Параметры регулирования и LBA		
vSP	Скорость выхода температуры на уставку SP	0.0
P	Зона пропорциональности ПИД-регулятора	12.6
i	Интегральная постоянная ПИД-регулятора	1074.4
d	Дифференциальная постоянная ПИД-регулятора	161.2
db	Зона нечувствительности регулятора	0.5
oL-L	Ограничение минимальной выходной мощности	0.0
oL-H	Ограничение максимальной выходной мощности	100.0
orL	Предел относительного изменения выходной мощности	100.0
mvEr	Значение выходного сигнала в состоянии 'ошибка'	0.0
mdSt	Состояние выхода в режиме 'остановка регулирования'	mvSt