

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ,
МЕХАТРОНІКИ І РОБОТОТЕХНІКИ
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему:

**Метрологічне забезпечення засобів вимірювання температури
твердих тіл**

Виконав: студент 4 курсу, групи МТ-3
напря Метрологічне забезпечення засобів
вимірювання температури твердих тіл
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Лук'яновець В.О

(прізвище та ініціали)

Керівник д.т.н., професор

Подчашинський Ю.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент к.т.н., доцент, в.о. зав. кафедри

РЕА ім. проф. Б.Б. Самотокіна

Громовий О.А.

(прізвище та ініціали)

Житомир 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і
робототехніки
Кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки
Спеціальність 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри метрології та
інформаційно-вимірювальної техніки
д.т.н., професор Подчашинський Ю.О.

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Студент Лук'яновець Владислав Олександрович

1. Тема роботи: Метрологічне забезпечення засобів вимірювання температури твердих тіл.

Затверджена Наказом по університету від « ____ » _____ 2024р. № ____

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедру « ____ » _____ 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи матеріали звіту про переддипломну практику метрологічне забезпечення засобів вимірювання температури твердих тіл, посилення поточних значень температури на екран

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці) Технічне завдання, огляд та аналіз існуючих систем вимірювання температури, посилення поточних значень температури на екран

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

Структурна схема, принципова схема, блок-схема алгоритму та друкована плата

6. Консультанти з кваліфікаційної роботи бакалавра із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Підготувати звіт про переддипломну практику		
2	Збір літературних даних за темою дипломної роботи та відомих систем вимірювання тиску		
3	Ознайомитись з основними принципами побудови систем вимірювання температури		
4	Розробка структурної схеми системи вимірювання		
5	Розробка принципової схеми системи вимірювання тиску		
6	Вибір компонентів		
7	Розробка блок-схеми алгоритму та програми системи вимірювання тиску		
8	Оформлення пояснювальної записки та презентаційного матеріалу		

Студент _____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота бакалавра на тему «Метрологічне забезпечення засобів вимірювання температури твердих тіл» містить 63 сторінки, 13 рисунків, 3 таблиці, 15 формул, 27 джерел.

В роботі проводиться обґрунтування актуальності створення Метрологічного забезпечення засобів вимірювання температури твердих тіл.

Складена структурна та принципова комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система для визначення атмосферного тиску з розширеними функціями. На базі принципової схеми розроблена друкована плата. Розроблений алгоритм роботи та відповідна програма.

Прорахована точність та надійність системи.

Ключові слова: датчик температури, мікроконтролер ATmega328.

ANNOTATION

The bachelor's thesis on "Metrological provision of means of measuring the temperature of solid bodies" consists of 63 pages, 13 figures, 3 tables, 15 formulas, and 27 references.

The thesis provides justification for the relevance of developing a metrological provision of means of measuring the temperature of solid bodies.

A structured and conceptual computerized information measurement system for atmospheric pressure determination with enhanced functions has been developed. A printed circuit board has been designed based on the conceptual scheme. An algorithm of operation and corresponding program have been developed.

The accuracy and reliability of the system have been calculated.

Keywords: temperature sensor, ATmega328 microcontroller.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	8
1.1. Призначення та область застосування.....	8
1.2. Умови експлуатації	8
1.3. Технічні параметри системи.....	9
2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ	11
2.1. Існуючі системи вимірювання температури твердих тіл.....	11
3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ.....	24
3.1 Опис роботи схеми вимірювання температури твердих тіл	24
3.2. Обґрунтування мікроконтролеру.....	25
3.3. Обґрунтування дисплею.....	29
3.4. Обґрунтування датчика температури.....	32
3.5. Обґрунтування блока живлення.....	35
3.6.Обґрунтування операційного підсилювача.....	36
3.7.Обґрунтування фільтру низьких частот.....	38
3.8.Обґрунтування перемикача.....	39
3.9. Структурна схема.....	41
4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	43
4.1. Вибір мікроконтролеру.....	43
4.2. Вибір дисплею.....	44
4.3. Вибір датчика температури	46
4.4.Вибір перетворювача.....	48
4.5. Вибір операційного підсилювача.....	50
4.6. Вибір фільтру низьких частот.....	51
4.7. Вибір акумулятора.....	53
4.8. Побудова принципово-електричної схеми	56
5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ	58
5.1. Розробка алгоритму.....	58
5.2. Розробка програми.....	60
6. КОНСТРУКТОРЬСКА ЧАСТИНА	65
6.1. Розробка другової плати.....	65
6.2. Розрахунок надійності системи.....	67
6.3. Розрахунок похибок вимірювання температури	71
7. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	74
7.1. Охорона праці.....	74
7.2. Розробка заходів з охорони праці.....	75
7.3. Пожежна безпека приміщення.....	72
ВИСНОВКИ.....	74
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	75

					МММТ 480.008.010- ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат				
Розробив		Лук'яновець В.О.			Метрологічне забезпечення засобів вимірювання температури твердих тіл Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркшів
		Подчашинський Ю.О.					5	76
Рецензент						ДУ «Житомирська політехніка», МТ-3		
Н. контр.								
Затведл.		Подчашинський Ю.О.						

ВСТУП

Вимірювання температури твердих тіл є важливим елементом багатьох промислових процесів, наукових досліджень та побутових застосувань. Точність цих вимірювань впливає на якість продукції, безпеку обладнання та ефективність технологічних процесів. Метрологічне забезпечення забезпечує високу точність і надійність вимірювань, що є критичним для багатьох галузей, таких як металургія, енергетика, машинобудування та інші. Ось кілька причин, чому тема метрологічного забезпечення засобів вимірювання температури твердих тіл є актуальною:

1. Забезпечення якості продукції:

Вимірювання температури відіграє ключову роль у контролі якості продукції. У металургії, наприклад, точне вимірювання температури є критичним для забезпечення належних властивостей сплавів та сталі. Відхилення від необхідної температури може призвести до дефектів, що знижують міцність і довговічність виробів.

2. Підвищення технологічних процесів:

У багатьох технологічних процесах, таких як термічна обробка, зварювання, лиття та інші, температура є важливим параметром, що визначає ефективність процесу. Точні температурні вимірювання дозволяють оптимізувати процеси, зменшуючи витрати енергії та підвищуючи продуктивність.

3. Забезпечення безпеки:

У багатьох технологічних процесах точне вимірювання температури є критичним для безпеки. Перегрів або недостатній нагрів можуть призвести до аварійних ситуацій, вибухів або інших небезпечних подій. Метрологічне забезпечення вимірювальних засобів дозволяє мінімізувати ризики, пов'язані з неправильним вимірюванням температури.

Метою цієї роботи є дослідження метрологічного забезпечення засобів вимірювання температури твердих тіл.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Завдання включають огляд сучасних методів вимірювання, аналіз метрологічних характеристик та розробка рекомендацій щодо покращення метрологічного забезпечення.

Об'єктом дослідження є засоби вимірювання температури твердих тіл. Предметом дослідження є метрологічні характеристики цих засобів та методи їх забезпечення.

В роботі використані теоретичні методи аналізу літератури, експериментальні методи вимірювання температури та математичні методи обробки результатів вимірювань.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1.1. Призначення та область застосування

Засоби вимірювання температури твердих тіл використовуються для визначення теплового стану об'єктів та матеріалів. Вимірювання температури є важливим у багатьох галузях, оскільки температура впливає на фізичні, хімічні та механічні властивості матеріалів. Вимірювання температури може здійснюватися контактними та безконтактними методами.

Приклади вимірювальних приладів:

1. Термопари: використовуються для вимірювання широкого діапазону температур. Діють на основі термоелектричного ефекту.
2. Терморезистори (RTD): точні вимірювання температури, засновані на зміні електричного опору матеріалу залежно від температури.
3. Пірометри: безконтактне вимірювання температури поверхні об'єктів за допомогою інфрачервоного випромінювання.

Таким чином, засоби вимірювання температури твердих тіл є критично важливими інструментами для забезпечення безпеки, ефективності та якості в багатьох галузях промисловості, науки, медицини та будівництва.

Початок розробки – квітень 2024 р.

Кінець розробки – червень 2024 р

1.2 Умови експлуатації

Температурні умови:

PT1000 може працювати в широкому діапазоні температур (від -200°C до $+850^{\circ}\text{C}$), але цей діапазон обмежується компонентами, зокрема ATmega328, OLED дисплей та MT3608.

ATmega328 має робочий діапазон температур від -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$.

OLED дисплеї зазвичай мають діапазон робочих температур від -40°C до $+80^{\circ}\text{C}$. MT3608, працює в діапазоні температур від -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Вологість:

Плати та компоненти можуть бути чутливі до високої вологості. В умовах високої вологості потрібен захист, наприклад, герметизація або корпусування.

Пил та забруднення:

- Вплив пилу та забруднення може бути мінімізований за допомогою відповідних корпусів або захисних заходів.

Механічні вібрації, удари тощо, можуть діяти на систему в процесі її експлуатації, тому для зменшення впливу від вібрацій важливо закріпити всі компоненти на платі за допомогою пайки та використовувати ударостійкий корпус.

Характер роботи об'єкту:

- Безперервний режим:
- Пристрій може працювати безперервно, за умови стабільного живлення та тепловідведення.

Циклічний режим:

- Може працювати в циклічному режимі, де потребується періодичне увімкнення та вимкнення.

Разової дії:

- Може бути використаний для разових вимірювань або контролю, але необхідно враховувати час прогрівання та стабілізації системи.

- Пристрій може бути застосований в широкому діапазоні умов експлуатації, за умови належного захисту від навколишнього середовища та стабільного живлення.

1.3 Технічні параметри прилада

Режим роботи системи:

Прилад працює без необхідності ручного управління або налаштування під час її нормальної експлуатації.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Технічні характеристики:

- Висока швидкодія та точність, мінімальне запізнення та висока стабільність, за рахунок стабільних компонентів.

Споживча потужність:

- Загальний струм споживання при напрузі 5В становить приблизно 160мА.

Взаємозамінність блоків:

- Мікроконтролер: АТmega328 може бути замінений на аналогічний.
- Дисплей: OLED можна замінити на інший з I2C.
- Операційний підсилювач: ОРА177 може бути замінений на аналогічний.
- Датчик: РТ1000 може бути замінений на аналогічний терморезистор.
- Перетворювач напруги: МТ3608 може бути замінений на інший з аналогічними характеристиками.
- Надійність системи 14808 годин;
- Точність: 0.8 С° що становить 3.5%.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

2.1. Існуючі системи вимірювання температури твердих тіл

Вимірювання температури твердих тіл є важливим процесом в різних галузях промисловості, науки та побуту. Для цього використовуються різні типи термометрів, які можна поділити на контактні та безконтактні. Кожен метод має свої переваги і недоліки в залежності від конкретного застосування.

Контактні методи вимірювання температури включають різні типи термометрів, які потребують безпосереднього контакту з об'єктом для отримання точних показників температури. Ці методи широко використовуються у різних галузях завдяки своїй точності, надійності та доступності. Нижче наведені основні типи контактних термометрів і їхні особливості.

1. Резистивні термометри (RTD)

Принцип роботи

Резистивні термометри використовують зміну електричного опору матеріалу (зазвичай платини) з температурою. Коли температура змінюється, змінюється і опір матеріалу, що дозволяє визначити температуру.

Типові представники

- Pt100: опір 100 Ом при 0°C.
- Pt1000: опір 1000 Ом при 0°C.

Переваги

- Висока точність і стабільність.
- Широкий діапазон вимірювання температур (від -200°C до +850°C).
- Тривалий термін служби.

Недоліки

- Відносно висока вартість.
- Потреба в точному підключенні для зменшення похибок вимірювання.

Застосування

- Промислові процеси.
- Лабораторні дослідження.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат.		



Рис. 2.1. Резистивний термометр CTR2000

Цифрові високопродуктивні прецизійні термометри підходять для використання з каліброваними й некаліброваними датчиками Pt100. Він характеризується розширеними функціями, що забезпечують зручність використання та низькі експлуатаційні витрати.

Застосування

- Прецизійний термометр для точного вимірювання температури в діапазоні від -200 до +962°C (від -328 до +1763,6°F)
- Еталонний прилад для випробувань, налаштування й калібрування приладів для вимірювання температури на заводах і в калібрувальних лабораторіях
- Автономна комплексна система, яка підходить також для вимірювання / калібрування на місці

[\[https://industry.hlr.ua/instrumentation/calibrationequipment/temperature-calibrators/resistance-bridges/ctr2000/\]](https://industry.hlr.ua/instrumentation/calibrationequipment/temperature-calibrators/resistance-bridges/ctr2000/)

2. Термопари

Принцип роботи

Термопари складаються з двох різних металів, з'єднаних в одній точці. При зміні температури в цьому з'єднанні виникає термоелектричний ефект, що генерує електричну напругу, пропорційну різниці температур.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Адк.
Зм.	Адк.	№ док.м.	Підпис	Дат		12

Типи термопар

- Тип К (хромель-алюмель): найпоширеніший тип, діапазон температур від -200°C до $+1300^{\circ}\text{C}$.

- Тип J (залізо-константан): діапазон від -40°C до $+750^{\circ}\text{C}$.

- Тип Т (мідь-константан): діапазон від -200°C до $+350^{\circ}\text{C}$.

- Тип Е (хромель-константан): діапазон від -200°C до $+900^{\circ}\text{C}$.

Переваги

- Широкий діапазон температур.

- Швидка реакція на зміну температури.

- Відносно низька вартість.

Недоліки

- Менша точність порівняно з RTD.

- Потребують регулярного калібрування.

- Схильні до дрейфу внаслідок окислення та інших хімічних процесів.

Застосування:

- Промислові печі.

- Двигуни і турбіни.

- Наукові дослідження.

3. Терморезистори

Принцип роботи

Терморезистори використовують зміну опору напівпровідникового матеріалу з температурою.

Типи терморезисторів

- NTC (негативний температурний коефіцієнт): опір зменшується з підвищенням температури.

- PTC (позитивний температурний коефіцієнт): опір збільшується з підвищенням температури.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

Переваги

- Дешеві.
- Простота у використанні.
- Швидкий час відгуку.

Недоліки

- Менш точні порівняно з RTD і термопарами.
- Обмежений діапазон температур.

Застосування

- Побутові прилади (наприклад, термостати).
- Автомобільна промисловість.
- Електроніка.

Контактні методи вимірювання температури забезпечують високу точність і надійність, але їх вибір залежить від конкретних вимог і умов експлуатації. Резистивні термометри (RTD) та термопари підходять для точних і стабільних вимірювань у промисловості та науці, тоді як терморезистори, рідинні і біметалеві термометри краще підходять для менш вимогливих застосувань у побуті та менш складних промислових процесах.

Безконтактні методи вимірювання температури дозволяють визначати температуру об'єкта, не торкаючись його, використовуючи для цього випромінювання, яке виходить від об'єкта. Ці методи особливо корисні для вимірювання температури рухомих, небезпечних або важкодоступних об'єктів. Нижче наведені основні безконтактні методи вимірювання температури і їхні особливості.

1. Пірометри (інфрачервоні термометри)

Принцип роботи

Пірометри вимірюють інфрачервоне випромінювання, що виходить від поверхні об'єкта. Ця енергія випромінювання потім перетворюється в електричний сигнал, який відповідає температурі об'єкта.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

Переваги

- Можливість вимірювання температури на відстані.
- Швидка реакція (частки секунди).
- Відсутність впливу на об'єкт, що вимірюється.

Недоліки

- Точність вимірювання залежить від емісійної здатності поверхні об'єкта.
- Можливість похибок через вплив навколишнього середовища (пил, волога, дим).

Застосування

- Металургія (вимірювання температури розплавлених металів).
- Будівництво (перевірка теплових втрат).
- Медицина (безконтактне вимірювання температури тіла).



Рис. 2.3 Зовнішній вигляд пірометра

Технічні характеристики пірометрів

Діапазон вимірювання температури:

- Пірометри можуть мати різні діапазони вимірювання, від низьких температур (-50°C) до дуже високих температур (до 3000°C і більше).

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Точність:

- Точність пірометра зазвичай залежить від моделі і може варіюватися.

Типові значення точності знаходяться в межах $\pm 1-2\%$ від вимірюваної температури або $\pm 1-2^\circ\text{C}$ для низьких і середніх температур.

Оптична роздільна здатність (D:S, Distance-to-Spot Ratio):

- Це відношення відстані до розміру плями вимірювання. Наприклад, при D:S 12:1, пірометр на відстані 12 метрів вимірює температуру поверхні діаметром 1 метр. Вищі значення D:S означають кращу роздільну здатність і здатність вимірювати менші області з більшої відстані.

Емісійна здатність:

- Більшість пірометрів дозволяють налаштовувати емісійність поверхні об'єкта, що вимірюється, щоб покращити точність. Емісійність може варіюватися від 0.1 до 1.0.

Діапазон спектральної чутливості:

Пірометри можуть мати різні спектральні діапазони, зазвичай від 8 до 14 мікрометрів для загального призначення. Деякі моделі можуть працювати в інших діапазонах, наприклад, у видимому або ультрафіолетовому спектрі.

[<https://uk.wikipedia.org/wiki/Пірометр>]

2. Тепловізори

Принцип роботи

- Тепловізори створюють теплові зображення, які показують розподіл температури на поверхні об'єкта. Вони використовують матрицю інфрачервоних сенсорів для зйомки зображення в інфрачервоному спектрі.

Переваги

- Візуалізація температурних полів.
- Можливість аналізу великих площ і складних об'єктів.
- Зручність у використанні для діагностики і моніторингу.

Недоліки

- Висока вартість обладнання.
- Потреба в навичках для інтерпретації теплових зображень.
- Залежність від умов навколишнього середовища.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		16

Застосування

- Енергетика (виявлення перегріву обладнання).
- Будівництво (перевірка ізоляції будівель).
- Медицина (діагностика запальних процесів).



Рис. 2.4 Зовнішній вигляд тепловізора

Технічні характеристики тепловізора

Роздільна здатність детектора:

- Вимірюється в пікселях, наприклад, 160x120, 320x240, 640x480. Вища роздільна здатність забезпечує більш детальне теплове зображення.

Точність вимірювання температури:

- Зазвичай становить $\pm 2^{\circ}\text{C}$ або $\pm 2\%$ від виміряного значення.

Діапазон вимірювання температури:

- Різні моделі мають різні діапазони, наприклад, від -20°C до 650°C або від -40°C до 1200°C . Діапазон вибирається залежно від конкретного застосування.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Теплова чутливість

- Вимірюється в мілікельвінах (mK). Чим нижче значення NETD, тим краще камера може розрізняти невеликі відмінності в температурі. Зазвичай значення складають 50 mK або менше.

Спектральний діапазон:

- Інфрачервоні камери зазвичай працюють у діапазоні від 7.5 до 14 мікрометрів.

Поле зору (FOV - Field of View):

- Вимірюється в градусах, наприклад, 25°x19°. Ширше поле зору дозволяє охопити більшу площу, але з меншою деталізацією.

[https://pricel.com.ua/ua/news/?blog_id=148]

3. Радіаційні пірометри

Принцип роботи

Радіаційні пірометри є приладами для безконтактного вимірювання температури об'єктів, зокрема дуже високих температур. Вони працюють на принципі вимірювання інфрачервоного випромінювання, що випромінюється об'єктом, і конвертують його в температурні показники.

Переваги

- Можливість вимірювання дуже високих температур.

Використання для об'єктів, що рухаються або є небезпечними.

Недоліки

- Необхідність калібрування для різних матеріалів.

- Висока вартість.

Застосування

- Виробництво скла та кераміки.

- Металургія (вимірювання температури в печах).

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		



Рис. 2.6 Зовнішній вигляд радіаційного пірометра

Технічні характеристики радіаційних пірометрів

Діапазон вимірювання температури:

- Радіаційні пірометри можуть охоплювати дуже широкий діапазон температур, від -50°C до 3000°C і більше, залежно від моделі та типу сенсора.

Точність:

- Типова точність радіаційних пірометрів становить $\pm 1-2\%$ від виміряної температури або $\pm 1-2^{\circ}\text{C}$. Деякі високоточні моделі можуть мати точність до $\pm 0.5\%$.

Оптична роздільна здатність:

- Відношення відстані до розміру плями вимірювання, наприклад, 50:1 або 100:1. Вища оптична роздільна здатність дозволяє вимірювати менші ділянки з більшої відстані.

Емісійна здатність:

- Регульована від 0.1 до 1.0, що дозволяє адаптувати прилад до різних матеріалів поверхонь для більш точного вимірювання.

Час відгуку:

- Швидкий час відгуку, зазвичай від 100 мс до 1 с, що дозволяє швидко отримувати результати.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Спектральний діапазон:

- Інфрачервоні радіаційні пірометри зазвичай працюють в діапазоні від 0.7 до 20 мікрометрів, в залежності від моделі і призначення.

[<https://simvolt.ua/suchasn-nfrachervon-prometri-vimryuvannya-temperaturi-bez-dotiku.html/>]

4. Лазерні термометри

Принцип роботи:

Лазерні термометри використовують лазерний промінь для прицілювання на об'єкт і вимірювання інфрачервоного випромінювання, що виходить від цього об'єкта.

Переваги

- Точне прицілювання.
- Швидке вимірювання.

Недоліки

- Обмежена точність при вимірюванні низьких температур.
- Можливість похибок через відблиски.

Застосування

- Промислові процеси.
- Перевірка систем опалення і охолодження.
- Побутові умови (вимірювання температури їжі, електроприладів).



Рис. 2.7 Зовнішній вигляд лазерного пірометра

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Технічні характеристики лазерних пірометрів

Діапазон вимірюваних температур:

- Від -50°C до 3000°C.

Точність вимірювання:

- Зазвичай $\pm 1-2\%$ від вимірюваного значення або $\pm 1-3^\circ\text{C}$.

Оптична роздільна здатність (D:S):

- Відношення відстані до об'єкта до діаметра області вимірювання.

Наприклад, 12:1, 20:1, 50:1.

Спектральний діапазон:

- Часто 8-14 мкм для загальних застосувань, інші діапазони можуть використовуватись для спеціальних завдань.

Час відгуку:

- Від 0.5 до 1 секунди.

Емісійна здатність (регульована):

- Від 0.1 до 1.0, що дозволяє налаштування для різних типів поверхонь.

Функції:

- Максимальні, мінімальні, середні значення, режим безперервного вимірювання, зберігання даних, сигналізація при перевищенні заданих меж температури.

[<https://simvolt.ua/suchasn-nfrachervon-prometri-vimryuvannya-temperaturi-bez-dotiku.html/>]

Безконтактні методи вимірювання температури забезпечують швидкість і зручність, особливо для об'єктів, які важко або небезпечно вимірювати контактними методами. Пірометри, тепловізори, радіаційні та оптичні пірометри використовуються в різних галузях промисловості, медицини та побуту, де потрібна висока точність і швидка реакція. Вибір методу залежить від конкретних вимог, умов експлуатації і бюджету.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

3.1 Опис роботи схеми вимірювання температури твердих тіл

1. Джерело живлення:

- Забезпечує необхідну електричну напругу та струм для живлення всієї системи. Напруга може бути постійною або змінною, залежно від специфікацій компонентів.

2. Терморезистор (RTD):

- Це основний сенсорний елемент, який змінює свій опір залежно від температури твердого тіла. Чим вище температура, тим більше змінюється опір RTD.

3. Мостова схема:

- Використовується для перетворення зміни опору терморезистора в зміну напруги. Мостова схема забезпечує точне вимірювання малих змін у опорі RTD. Схема може включати чотири резистори, один з яких є RTD, і генерує вихідну напругу, яка пропорційна зміні опору RTD.

4. Операційний підсилювач:

- Підсилює сигнал від мостової схеми, роблячи його достатньо сильним для подальшої обробки. Операційний підсилювач може також стабілізувати сигнал і покращити його точність.

5. Фільтр низьких частот:

- Видаляє високочастотні шуми з сигналу, які можуть бути спричинені електромагнітними перешкодами або іншими джерелами шуму. Фільтр забезпечує більш чистий і стабільний сигнал для мікроконтролера

6. Мікроконтролер:

- Обробляє цифровий сигнал, отриманий з датчика температури, і обчислює температуру на основі калібрувальних даних. Мікроконтролер також керує дисплеєм та інтерфейсом для ПК. Мікроконтролер може включати алгоритми для лінеаризації та компенсації температури.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат.		

7. Дисплей:

- Відображає виміряну температуру в зручному для користувача форматі. Дисплей може бути рідкокристалічним (LCD), світлодіодним (LED) або будь-яким іншим типом, придатним для відображення числових даних.

Пояснення роботи схеми:

1. Сигнал від джерела живлення подається на терморезистор (RTD), який знаходиться у фізичному контакті з твердим тілом, температуру якого необхідно виміряти.

2. Терморезистор (RTD) змінює свій опір залежно від температури, і ця зміна опору впливає на вихідну напругу мостової схеми (Wheatstone Bridge).

3. Мостова схема (Wheatstone Bridge) генерує змінну напругу, пропорційну зміні опору RTD.

4. Операційний підсилювач підсилює змінну напругу, забезпечуючи стабільний сигнал для подальшої обробки.

5. Фільтр низьких частот видаляє шум з підсиленого сигналу, забезпечуючи чистий сигнал для мікроконтролера.

6. Мікроконтролер обчислює температуру на основі цифрових даних, застосовуючи необхідні корекції та алгоритми.

7. Обчислена температура відображається на дисплеї для зручності користувача.

Ця схема забезпечує точне та стабільне вимірювання температури твердих тіл, з можливістю відображення даних у реальному часі.

3.2. Обґрунтування мікроконтролеру

Мікроконтролери (МК) – це компактні обчислювальні пристрої, які використовуються для управління електронними системами та пристроями. Вони містять процесор, пам'ять та периферійні пристрої на одній інтегральній схемі. Мікроконтролери є основою багатьох вбудованих систем, від простих побутових приладів до складних промислових автоматизованих систем.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Основні компоненти мікроконтролера:

1. Процесор (CPU):

- Центральний обчислювальний блок, який виконує команди програми.
- Зазвичай це 8-бітний, 16-бітний або 32-бітний процесор.

2. Пам'ять:

- Оперативна пам'ять (RAM): Використовується для тимчасового зберігання даних під час виконання програми.
- Постійна пам'ять (Flash, ROM): Зберігає програмний код та дані, які не змінюються під час роботи.

3. Периферійні пристрої:

- Цифрові входи/виходи (GPIO): Використовуються для взаємодії з зовнішніми пристроями, такими як світлодіоди, кнопки, реле.
- Аналогові входи/виходи: Включають аналогово-цифрові перетворювачі (АЦП) і цифро-аналогові перетворювачі (DAC) для роботи з аналоговими сигналами.
- Комунікаційні інтерфейси: UART, SPI, I2C, USB, CAN для підключення до інших пристроїв та мікроконтролерів.

4. Таймери та лічильники:

- Використовуються для відліку часу та виконання операцій, які потребують точного часу.

5. Шини даних:

- Використовуються для передачі даних між процесором, пам'яттю та периферійними пристроями.

Типи мікроконтролерів:

1. 8-бітні мікроконтролери:

- Простота та низька вартість.
- Використовуються в простих системах, таких як побутові прилади, іграшки.
- Приклад: Atmel AVR (ATmega328), Microchip PIC.

2. 16-бітні мікроконтролери:

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

- Краща продуктивність та більший адресний простір порівняно з 8-бітними.

- Використовуються в більш складних системах, таких як автомобільні додатки, промислові контролери.

- Приклад: Microchip dsPIC, TI MSP430.

3. 32-бітні мікроконтролери:

- Висока продуктивність, великий обсяг пам'яті, підтримка складних обчислень.

- Використовуються в системах реального часу, портативних пристроях, медичних приладах.

- Приклад: ARM Cortex-M (STM32, NXP LPC), Espressif ESP32.

Приклади популярних мікроконтролерів

1. Arduino (Atmel AVR):

- Особливості: Простота використання, велика спільнота, багато прикладів і бібліотек.

- Приклади: Arduino Uno (ATmega328), Arduino Mega (ATmega2560).

2. STM32 (STMicroelectronics):

- Особливості: Висока продуктивність, широкий спектр периферійних інтерфейсів, енергоефективні рішення.

- Приклади: STM32F103, STM32F407.

3. ESP32 (Espressif):

- Особливості: Вбудований Wi-Fi та Bluetooth, висока продуктивність, енергоефективність.

- Приклади: ESP32 Dev Kit, ESP32-WROOM-32.

4. PIC (Microchip):

- Особливості: Широкий асортимент для різних завдань, хороша підтримка та документація.

- Приклади: PIC16F877A, PIC18F4550.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Середовище розробки та інструменти

1. Arduino IDE:

- Просте у використанні середовище розробки з великим обсягом бібліотек і прикладів.

- Підходить для початківців та швидкого прототипування.

2. Microchip MPLAB X:

- Професійне середовище розробки для PIC і AVR мікроконтролерів.

- Підтримує відладку, програмування та аналіз коду.

3. Keil uVision, IAR Embedded Workbench:

- Професійні середовища розробки для ARM мікроконтролерів.

- Підтримують широкий спектр функцій для розробки, відладки та оптимізації коду.

Застосування мікроконтролерів:

1. Побутові прилади:

- Пральні машини, мікрохвильові печі, кондиціонери.

- Автоматизація та управління різними функціями.

2. Автомобільна електроніка:

- Системи керування двигуном, системи безпеки, інформаційно-розважальні системи.

- Висока надійність і продуктивність.

3. Промислові системи:

- Автоматизація виробничих процесів, робототехніка, контроль якості.

- Стійкість до суворих умов експлуатації.

4. Медичні прилади:

- Монітори пацієнтів, інсулінові помпи, діагностичне обладнання.

- Висока точність і надійність.

5. Портативні пристрої:

- Смартфони, фітнес-трекери, розумні годинники.

- Низьке енергоспоживання та висока інтеграція функцій.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Мій мікроконтролер ATmega328 – це 8-бітний мікроконтролер виробництва Atmel(тепер частина Microchip Technology), який є одним із найпопулярніших мікроконтролерів у світі, завдяки широкому використанню в платформах Arduino.

[<https://www.microchip.com>]

3.3 Обґрунтування дисплею

Дисплеї є важливими компонентами вбудованих систем, які дозволяють відображати інформацію користувачам. Вони можуть бути використані для різних цілей: індикація стану системи, показ значень датчиків, відображення меню та інше.

Основні типи дисплеїв:

1. Сегментні дисплеї:

- 7-сегментний: Використовується для відображення цифр. Найчастіше застосовується в годинниках, лічильниках та простих індикаторах.

- 14-сегментний і 16-сегментний: Дозволяють відображати не тільки цифри, але й деякі букви та символи. Використовуються в електронних годинниках та вимірювальних приладах.

2. LCD (Liquid Crystal Display):

- Символьні LCD: Мають фіксовану кількість символів на дисплеї (наприклад, 16x2 або 20x4). Часто використовуються в пристроях з обмеженою кількістю інформації для відображення, таких як термостати або прості прилади.

- Графічні LCD: Можуть відображати як текст, так і графіку. Відрізняються різною роздільною здатністю (наприклад, 128x64). Використовуються в більш складних системах, де потрібно відображати графічну інформацію.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

3. OLED (Organic Light Emitting Diode):

- Символьні OLED: Подібні до символьних LCD, але з кращою контрастністю та яскравістю.
- Графічні OLED: Висока роздільна здатність і якість зображення. Використовуються в компактних пристроях, де важлива висока якість відображення.

Інтерфейси для підключення дисплеїв

1. Паралельний інтерфейс:

- Використовується в старіших і простіших дисплеях, таких як символьні LCD.
- Потребує великої кількості пінів для підключення, що може бути недоліком для мікроконтролерів з обмеженою кількістю пінів.

2. SPI (Serial Peripheral Interface):

- Послідовний інтерфейс, який використовується в багатьох сучасних дисплеях, таких як графічні LCD, OLED та TFT дисплеї.
- Потребує менше пінів порівняно з паралельним інтерфейсом і забезпечує високу швидкість передачі даних.

3. I2C (Inter-Integrated Circuit):

- Інтерфейс з двома проводами, який використовується для підключення різних периферійних пристроїв, включаючи дисплеї.
- Підходить для випадків, коли потрібно підключити кілька пристроїв до одного мікроконтролера, використовуючи мінімум пінів.

Приклади дисплеїв та їх використання

1. 1602 LCD (16x2 символів):

- Часто використовується в проектах з Arduino для відображення текстової інформації.
- Підключення за допомогою паралельного інтерфейсу або з використанням I2C адаптера.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

2. SSD1306 OLED (128x64):

- Графічний дисплей, який використовується для відображення тексту та графіки.

- Підключається через SPI або I2C інтерфейс.

В своїй схемі я використав OLED дисплей (128x64)

OLED (Organic Light Emitting Diode) дисплеї — це передова технологія відображення, яка знаходить застосування у найрізноманітніших пристроях, від телевізорів до мобільних телефонів та носимих гаджетів. Їх унікальні властивості роблять їх відмінними для багатьох застосувань, зокрема в електроніці з обмеженим простором та низьким енергоспоживанням.

Розглянемо, що таке OLED-дисплеї, їхні переваги та недоліки, а також деякі специфічні аспекти їхнього використання.

OLED (органічний світлодіод) складається з органічних молекул, що випромінюють світло під дією електричного струму. Основна відмінність від традиційних LCD дисплеїв полягає в тому, що OLED-пікселі самі по собі випромінюють світло і не потребують додаткового підсвічування. Це дозволяє OLED-дисплеям бути набагато тоншими, легшими і споживати менше енергії.

Принцип роботи

OLED-дисплеї працюють за принципом електролюмінесценції. Кожен піксель складається з органічних шарів між двома електродами. Коли до них підводиться струм, органічні молекули випромінюють світло. Інтенсивність світла залежить від величини прикладеної напруги, що дозволяє точно контролювати яскравість кожного пікселя.

Переваги OLED-дисплеїв

1. Висока контрастність:

OLED-дисплеї забезпечують глибокий чорний колір, оскільки вимкнені пікселі не випромінюють світло.

2. Широкий кут огляду:

Зображення залишається чітким навіть при перегляді під великим кутом.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

3. Швидкий час відгуку:

OLED-пікселі миттєво реагують на зміни, що важливо для відео та ігор.

5. Низьке енергоспоживання:

Вимкнені пікселі не споживають енергію, що знижує загальне енергоспоживання.

Недоліки OLED-дисплеїв

1. Обмежений термін служби:

Органічні матеріали можуть з часом деградувати, особливо блакитні OLED.

2. Вигорання екрану:

Постійне відображення статичних зображень може призвести до збереження "привидів" на екрані.

3. Вища вартість виробництва:

Технологія OLED все ще дорожча у виробництві порівняно з LCD.

OLED-дисплеї — це інноваційна технологія, що пропонує безліч переваг, включаючи високу контрастність, гнучкість та низьке енергоспоживання. Незважаючи на деякі недоліки, такі як вигорання екрану та обмежений термін служби, їхні переваги роблять їх ідеальними для використання в різних пристроях, від смартфонів до носимих гаджетів.

[Adafruit Learning System]

3.4 Обґрунтування датчика температури

Температурні датчики – це пристрої, які використовуються для вимірювання та контролю температури в різних середовищах. Існує декілька типів датчиків, кожен з яких має свої переваги та області застосування. Ось короткий огляд основних типів температурних датчиків.

Основні типи температурних датчиків:

1. Термопари (Thermocouples):

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

- Принцип роботи: Використовують ефект Зеебека, при якому електрорушійна сила (ЕРС) виникає на контакті двох різних металів при різних температурах.

- Переваги: Широкий діапазон вимірюваних температур (-200°C до $+1800^{\circ}\text{C}$), швидка реакція, висока надійність.

- Недоліки: Невелика точність ($\pm 1-2^{\circ}\text{C}$), потребують калібрування, складність підключення.

- Застосування: Промисловість, металургія, енергетика.

2. Термістори (Thermistors):

- Принцип роботи: Зміна опору матеріалу при зміні температури.

Найпоширеніші – NTC (Negative Temperature Coefficient) термістори, де опір зменшується зі збільшенням температури.

- Переваги: Висока точність і чутливість, недорога ціна.

- Недоліки: Обмежений діапазон температур (-50°C до $+150^{\circ}\text{C}$), нелінійність характеристик.

- Застосування: Побутові прилади, медичне обладнання, автомобільні системи.

3. Резистивні температурні детектори (RTD):

- Принцип роботи: Використовують зміну опору металу (зазвичай платини) при зміні температури.

- Переваги: Висока точність і стабільність, лінійна характеристика.

- Недоліки: Вища ціна порівняно з термісторами, потреба у більш складній електроніці для вимірювання.

- Застосування: Лабораторні дослідження, прецизійні промислові застосування.

4. Напівпровідникові датчики температури:

- Принцип роботи: Використовують залежність напруги або струму через напівпровідник від температури.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Док.
						31
Зм.	Док.	№ док.	Підпис	Дат		

- Переваги: Компактні розміри, інтеграція з мікроконтролерами, можливість цифрового виходу.

- Недоліки: Обмежений діапазон температур (-55°C до +150°C).

- Застосування: Електронні пристрої, комп'ютери, смартфони.

5. Інфрачервоні (IR) датчики температури:

- Принцип роботи: Вимірюють інфрачервоне випромінювання, яке випускається об'єктом.

- Переваги: Безконтактне вимірювання, швидка реакція, можливість вимірювання високих температур.

- Недоліки: Залежність від емісивності поверхні, чутливість до забруднень і пилу.

- Застосування: Медицина, промислові додатки, системи безпеки.

Приклади конкретних датчиків:

1. DS18B20 (напівпровідниковий датчик):

- Тип: Напівпровідниковий.

- Діапазон температур: -55°C до +125°C.

- Особливості: Цифровий вихід, інтерфейс 1-Wire, висока точність $\pm 0.5^\circ\text{C}$.

- Застосування: Розумні будинки, електронні пристрої, системи моніторингу.

2. LM35 (напівпровідниковий датчик):

- Тип: Напівпровідниковий.

- Діапазон температур: -55°C до +150°C.

- Особливості: Аналоговий вихід, висока точність $\pm 0.5^\circ\text{C}$.

- Застосування: Побутова техніка, медичне обладнання.

3. PT1000 (RTD):

- Тип: Резистивний температурний детектор.

- Діапазон температур: -200°C до +850°C.

- Особливості: Висока точність, стабільність.

- Застосування: Промислові системи, калібрувальні лабораторії.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Дрк.
						32
Зм.	Дрк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

Для своєї схеми я обрав резистивний датчик PT1000:

PT1000 - це тип платинового резистивного температурного датчика який використовується для точного вимірювання температури. Назва "PT1000" означає, що датчик виготовлений з платини (Pt) і має опір 1000 ом при 0°C. PT1000 є одним з найбільш популярних RTD через свою точність, стабільність та широкий діапазон робочих температур.

Принцип роботи PT1000

PT1000 працює за принципом зміни електричного опору платини зі зміною температури.

Платина має лінійну і передбачувану залежність опору від температури, що дозволяє використовувати її для точних вимірювань. При нагріванні металу його атоми вібрують сильніше, що збільшує опір для проходження електронів.

[<https://www.labfacility.com>]

3.5 Обґрунтування блока живлення

Системи живлення забезпечують електричну енергію для роботи електронних компонентів і мікроконтролерів. Вони включають в себе різноманітні джерела живлення та компоненти для регулювання напруги і струму, такі як перетворювачі напруги, стабілізатори та акумулятори.

Основні компоненти систем живлення

1. Джерела живлення:

- Батареї та акумулятори: Забезпечують портативне живлення для пристроїв.
- Блоки живлення: Перетворюють змінний струм (AC) на постійний (DC) для живлення електронних компонентів.
- Сонячні панелі: Використовуються для екологічного живлення пристроїв за допомогою сонячної енергії.

2. Регулятори напруги:

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

- Лінійні регулятори: Наприклад, 7805 забезпечують стабільну напругу, але мають низький коефіцієнт ефективності.

- Імпульсні регулятори: Більш ефективні, використовують метод перетворення за допомогою індуктивності та ємності.

3. Перетворювачі напруги:

- Buck (Step-Down) Converter: Знижує вхідну напругу до нижчого рівня.

- Boost (Step-Up) Converter: Підвищує вхідну напругу до вищого рівня.

- Buck-Boost Converter: Може як підвищувати, так і знижувати вхідну напругу.

В моїй схемі використовується підвищувальний перетворювач напруги MT3608.

MT3608 є чудовим вибором для підвищення напруги у багатьох електронних проектах. Завдяки своїй високій ефективності, простоті використання та компактному розміру, він підходить для широкого спектру застосувань, від живлення портативних пристроїв до забезпечення живлення світлодіодів та мікроконтролерів.

Принцип роботи:

MT3608 є типом імпульсного перетворювача напруги, який використовує комутацію височастотного сигналу для перетворення енергії. Основний принцип роботи підвищувального перетворювача полягає в накопиченні енергії в індуктивності під час замкнутого стану комутатора та випуску цієї енергії на вихід, коли комутатор розмикається.

У випадку MT3608, мікросхема керує комутацією через внутрішній MOSFET, що дозволяє ефективно підвищувати вхідну напругу. Перетворювач включає в себе зворотний зв'язок для стабілізації вихідної напруги в межах заданого діапазону.

[Power Supply Cookbook - Марти Браун]

3.6 Обґрунтування операційного підсилювача					Арк.
МММТ 480.008.010- ПЗ					34
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат	

Операційні підсилювачі (ОП) – це універсальні інтегральні схеми, що використовуються для підсилення електричних сигналів. Вони є основою багатьох аналогових електронних пристроїв і систем.

Основні характеристики ОП:

1. Високий коефіцієнт підсилення напруги:

- Зазвичай більше 100,000.

2. Високий вхідний опір:

- Порядку мегаомів, що мінімізує навантаження на джерело сигналу.

3. Низький вихідний опір:

- Порядку одиниць омів, що дозволяє ефективно передавати сигнал на навантаження.

4. Широкий діапазон частот:

- Можуть працювати від постійного струму (DC) до кількох мегагерців (МГц).

Основні конфігурації ОП:

1. Інвертуючий підсилювач:

- Сигнал подається на інвертуючий вхід, вихідний сигнал має протилежну фазу.

2. Неінвертуючий підсилювач:

- Сигнал подається на неінвертуючий вхід, вихідний сигнал має ту ж фазу, що і вхідний.

3. Диференціальний підсилювач:

- Підсилює різницю між двома вхідними сигналами.

4. Суматор:

- Вихідний сигнал є сумою декількох вхідних сигналів.

5. Інтегратор:

- Вихідний сигнал є інтегралом вхідного сигналу.

6. Диференціатор:

- Вихідний сигнал є похідною вхідного сигналу.

									Арк.
									35
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дат.					

МММТ 480.008.010- ПЗ

Застосування ОП:

1. Підсилення слабких сигналів:

- Використовуються для підсилення сигналів з датчиків і інших джерел.

2. Фільтри:

- Реалізація активних фільтрів (низькочастотних, високочастотних, смугових).

3. Генератори сигналів:

- Створення синусоїдальних, прямокутних та інших сигналів.

4. Компаратори:

- Порівняння двох сигналів і генерування логічного вихідного сигналу.

5. Вимірювальні прилади:

- Використовуються в осцилографах, мультиметрах та інших вимірювальних пристроях.

В моїй схемі використовується операційний підсилювач ОРА177

ОРА177 є чудовим вибором для застосувань, що вимагають високої точності, стабільності та низького рівня шуму. Його застосовують у вимірювальних системах, джерелах опорної напруги, аудіо обробці та інших високоточних аналогових схемах. Незважаючи на деякі недоліки, такі як висока ціна та обмежена швидкість перетворення, ОРА177 забезпечує неперевершену точність та надійність для критично важливих застосувань.

[<https://www.electronics-tutorials.ws>]

3.7 Обґрунтування фільтру низьких частот

Фільтри низьких частот (Low-pass filters) - це електронні пристрої або схеми, які пропускають сигнали з низькими частотами і блокують сигнали з високими частотами. Основна їх функція - обмеження частотного діапазону сигналу. Фільтри низьких частот широко використовуються в електроніці для фільтрації шумів, видалення високочастотних складових сигналу або підсилення низькочастотних складових.

		Основні типи фільтрів низьких частот:			Арк.
					МММТ 480.008.010- ПЗ
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат	36

1. RC фільтри: Базуються на резисторах (R) і конденсаторах (C). Прості у побудові, вони зазвичай використовуються для фільтрації низьких частот.

2. RL фільтри: Складаються з резисторів і котушок індуктивності (L). Частіше використовуються у випадках, коли необхідно фільтрувати сигнали в діапазоні радіочастот або коли потрібно відсіяти високі частоти.

3. RC фільтри з активним підсиленням: Вони включають операційні підсилювачі для підсилення або затухання сигналів на виході.

Основні характеристики фільтрів низьких частот:

1. Частота зрізу (cut-off frequency): Це частота, на якій вихідний сигнал зменшується на -3 дБ в порівнянні з амплітудою вхідного сигналу.

2. Полоса пропускання: Частотний діапазон, в якому вихідний сигнал практично не змінюється.

3. Полоса затухання: Частотний діапазон, в якому амплітуда сигналу зменшується в порівнянні з амплітудою вхідного сигналу.

Застосування фільтрів низьких частот:

1. Аудіоапаратура: Вони використовуються для фільтрації низьких частот у звукових системах.

2. Телекомунікації: Використовуються для фільтрації шумів у сигналах передачі даних.

3. Медична техніка: Застосовуються для обробки біомедичних сигналів, наприклад, ЕКГ.

4. Радіо та телевізійне обладнання: Використовуються для фільтрації радіочастотних сигналів.

5. Електроніка потужності: Використовуються для фільтрації шуму у джерелах живлення.

Фільтри низьких частот грають ключову роль у багатьох аспектах електроніки і дозволяють контролювати та оптимізувати передачу сигналів в різноманітних пристроях і системах.

[<https://www.electronics-tutorials.ws>]

3.8 Обґрунтування перемикача					Арк. 37
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат.	МММТ 480.008.010- ПЗ

Перемикачі є ключовими компонентами в електроніці та електротехніці. Вони використовуються для управління потоком електричного струму в ланцюгах, дозволяючи вмикати або вимикати пристрої, перемикати між різними ланцюгами або змінювати конфігурації в схемах.

Типи Перемикачів

1. Механічні Перемикачі

Механічні перемикачі - це найпоширеніший тип, який використовує фізичний контакт для замикання або розмикання електричного ланцюга. Вони бувають різних видів:

- Клавішні перемикачі: Застосовуються в побутових пристроях, таких як світильники.

- Поворотні перемикачі: Використовуються для вибору одного з кількох положень або ланцюгів, наприклад, у радіоприймачах.

- Тумблерні перемикачі: Мають важіль, який перемикається між положеннями. Часто застосовуються в автомобілях та промислових додатках.

- Кнопкові перемикачі: Включають або вимикають пристрій при натисканні кнопки. Поширені в електроніці для керування живленням або режимами роботи.

- Повзункові перемикачі: Змінюють положення контакту при зрушенні ковзаючої частини. Використовуються в радіо- та аудіотехніці.

2. Електронні Перемикачі

Електронні перемикачі використовують напівпровідникові компоненти для управління потоком електричного струму без фізичного контакту. Вони часто застосовуються в цифрових схемах і можуть мати різні форми, такі як транзистори або тиристори.

- MOSFETs (польові транзистори): Використовуються як перемикачі в цифрових і аналогових схемах.

- Тиристори: Використовуються для управління великими струмами, наприклад, в регуляторах напруги.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

- Реле: Хоча вони мають механічний контакт, реле використовують електромагніт для перемикавання, що робить їх схожими на електронні перемикачі.

3. Ручні Перемикачі

Ручні перемикачі використовуються для вручну керувати електричними пристроями. Вони можуть бути механічними або електронними і включають кнопки, важелі, повзунки тощо.

- Кнопки: Нормально відкриті (NO) або нормально закриті (NC), використовуються в панелях управління.

- Перемикачі з фіксацією: Зберігають своє положення після натискання, використовуються в електричних інструментах.

- Міні-перемикачі: Компактні версії для портативних або малогабаритних пристроїв.

[<https://www.allaboutcircuits.com>]

3.9 Структурна схема

Структурна схема (також відома як блок-схема або блокова схема) - це графічне зображення або діаграма, що відображає структуру системи, процесу або програми за допомогою блоків та з'єднувальних ліній. Вона використовується для візуалізації послідовності дій, взаємозв'язків та логіки роботи системи.

Структурна схема складається з різних блоків, кожен з яких представляє окрему функцію, операцію або етап в системі. Блоки з'єднуються за допомогою стрілок або ліній, які показують порядок виконання дій або потік даних між блоками. Кожен блок може мати вхідні та вихідні параметри, які визначають вхідні дані та результати, отримані від цього блоку.

Структурні схеми використовуються в багатьох галузях, таких як програмування, інженерія, проектування систем та багато інших.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Вони допомагають розкрити логіку та взаємозв'язки компонентів системи, спростити аналіз та розробку, а також полегшують спілкування між розробниками та користувачами.

Структурна схема є потужним інструментом для моделювання та розуміння роботи складних систем, а також для виявлення помилок, оптимізації процесів та вдосконалення функціональності системи.

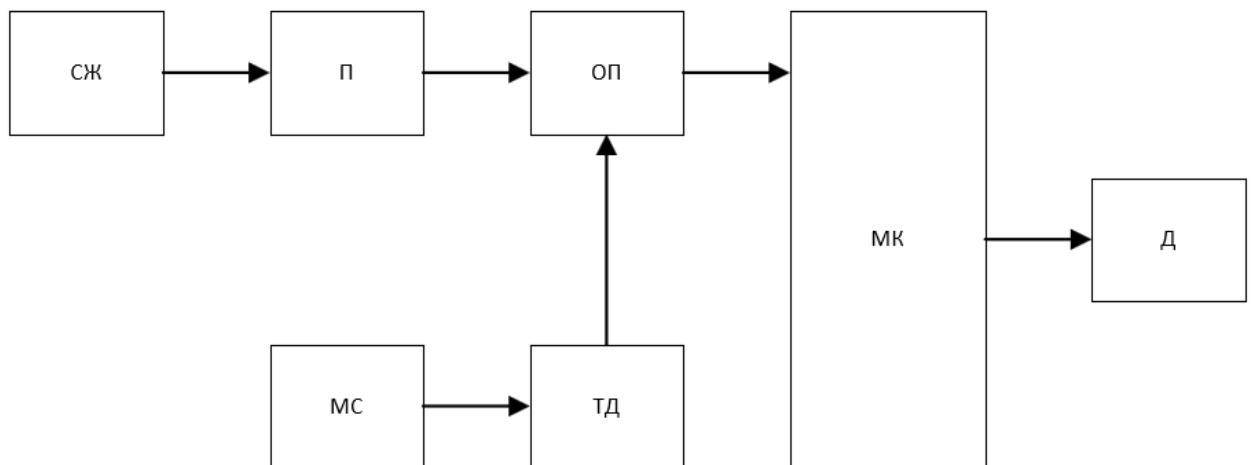


Рисунок 3.1 Структурна схема системи

Розшифровка складових частин:

1. СЖ – система живлення
2. П – перемикач
3. ОП – операційний підсилювач
4. МС – мостова схема
5. ТД – температурний датчик
6. МК – мікроконтролер
7. Д – дисплей

4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

4.1. Вибір мікроконтролера

Мікроконтролер ATmega328 є одним з найпопулярніших мікроконтролерів, що використовуються на платформі Arduino. Він розроблений компанією Atmel (закуплена компанією Microchip Technology) і має широке застосування у вбудованих системах, прототипуванні та розробці пристроїв.

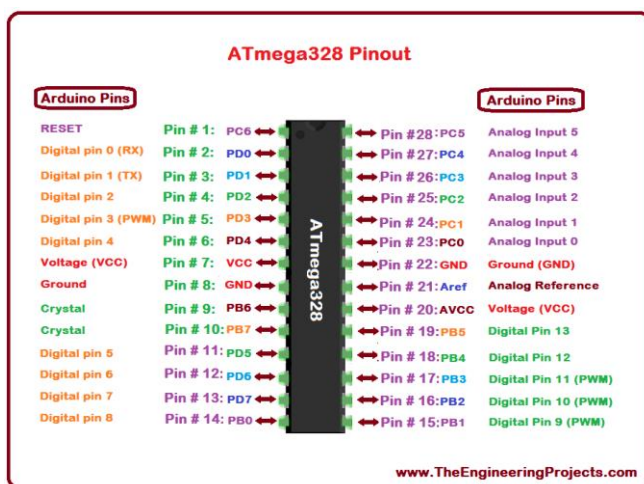


Рис 4.1 Мікроконтролер ATmega328 та його розпіновка

Основні характеристики мікроконтролера ATmega328 включають:

1. Архітектура: ATmega328 використовує архітектуру RISC (Reduced Instruction Set Computer) з 8-бітним процесором. Це означає, що він оптимізований для виконання простих команд, що дозволяє досягти високої продуктивності при низькому споживанні енергії.
2. Частота: ATmega328 працює на частоті до 20 МГц, що дозволяє виконувати швидкі обчислення та операції з введенням/виведенням даних.
3. Пам'ять: Вбудована пам'ять ATmega328 складається з 32 кілобайт флеш-пам'яті для збереження програмного коду, 2 кілобайт оперативної пам'яті (SRAM) для збереження змінних та 1 кілобайт EEPROM для збереження постійних даних.

4. Введення/виведення: Мікроконтролер має 23 цифрових входи/виходи, з яких 6 можуть бути використані як виходи PWM (Pulse Width Modulation), та 6 аналогових входів, які можуть бути використані для зчитування аналогових сигналів.

5. Комунікаційні інтерфейси: ATmega328 підтримує такі комунікаційні інтерфейси, як UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) для зв'язку з персональним комп'ютером або іншими пристроями, SPI (Serial Peripheral Interface) та I2C (Inter-Integrated Circuit) для зв'язку з іншими пристроями та датчиками.

6. Живлення: Мікроконтролер може працювати в діапазоні напруги від 1.8 В до 5.5 В. Він підтримує різні джерела живлення, включаючи батарейне живлення, зовнішнє джерело живлення або живлення від USB.

7. Програмування: ATmega328 може бути програмований за допомогою мови Arduino, яка базується на мові C/C++. Є різні середовища розробки, такі як Arduino IDE, що полегшують розробку програм для цього мікроконтролера.

Мікроконтролер ATmega328 є надійним і добре підходить для широкого спектру застосувань, включаючи контролери роботів, сенсорні системи, автоматизацію та багато іншого. Його популярність пояснюється великою спільнотою розробників, великим вибором додаткових модулів та легкістю використання на платформі Arduino.

4.2.Вибір дисплею

OLED (Organic Light Emitting Diode) дисплей з роздільною здатністю 128x64 пікселів є одним з найпопулярніших видів дисплеїв, які використовуються в різних електронних пристроях.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

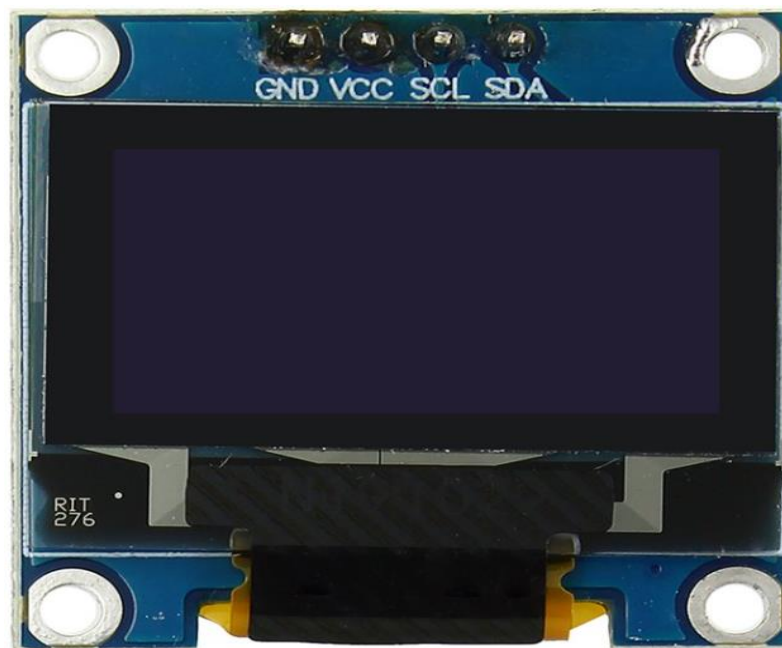


Рис. 4.2 Зовнішній вигляд дисплею

Основні характеристики та переваги таких дисплеїв:

1. Роздільна здатність: 128x64 пікселів.
2. Технологія: OLED дисплеї використовують органічні сполуки, які випромінюють світло при проходженні через них електричного струму.
3. Контрастність: Дуже висока, завдяки тому, що OLED пікселі можуть повністю вимикатися, створюючи справжній чорний колір.
4. Кути огляду: Широкі кути огляду, зазвичай до 170 градусів без значних змін у кольорі або контрастності.
5. Яскравість: Зазвичай дуже висока, що дозволяє використовувати дисплей при яскравому освітленні.
6. Енергоспоживання: Низьке, особливо при відображенні зображень з великою кількістю чорного кольору, оскільки вимкнені пікселі не споживають електроенергію.
7. Розмір: Зазвичай компактний, що дозволяє використовувати його в малогабаритних пристроях.

Переваги OLED дисплеїв:

1. Якість зображення: Високий контраст і яскравість забезпечують чудову якість зображення.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		43

2. Енергозбереження: Відносно низьке споживання енергії завдяки можливості вимикання окремих пікселів.

3. Гнучкість: OLED дисплеї можуть бути виготовлені на гнучких підкладках, що дозволяє створювати гнучкі або зігнуті дисплеї.

4. Тонкість: Відсутність потреби в підсвічуванні дозволяє створювати дуже тонкі дисплеї.

Застосування:

OLED дисплеї з роздільною здатністю 128x64 широко використовуються в різних пристроях:

- Портативна електроніка: MP3-плеєри, годинники, пульти дистанційного керування.
- Промислове обладнання: Інструментальні панелі, дисплеї для вимірювальних приладів.
- Медичне обладнання: Портативні медичні прилади, монітори.
- DIY та прототипування: Популярний серед ентузіастів електроніки та розробників для створення різних проектів на базі мікроконтролерів.

4.3 Вибір датчика температури

Датчик температури PT1000 - це платиновий резистивний термометр, який має номінальний опір 1000 Ом при 0°C. Цей тип датчика використовується для точних вимірювань температури і має кілька важливих характеристик, які роблять його популярним у багатьох застосуваннях.



Рис. 4.3 Датчик температури PT1000

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

Основні характеристики PT1000:

1. Матеріал: Платина (Pt).
2. Номінальний опір: 1000 Ом при 0°C.
3. Температурний коефіцієнт: Приблизно 0.00385 Ом/Ом/°C (IEC 60751).
4. Діапазон вимірюваних температур: Зазвичай від -200°C до +850°C.
5. Точність: Залежно від класу точності (наприклад, Class A, Class B):
 - Class A: $\pm(0.15 + 0.002 |t|)^{\circ}\text{C}$, де $|t|$ - абсолютне значення температури.
 - Class B: $\pm(0.3 + 0.005 |t|)^{\circ}\text{C}$.
6. Лінійність: Платинові RTD датчики мають майже лінійну залежність опору від температури, що спрощує обробку сигналу.
7. Стабільність: Платина є дуже стабільним матеріалом, що забезпечує тривалу точність вимірювань.

Переваги PT1000:

- Висока точність: Платина забезпечує високу точність вимірювань, що важливо для наукових та промислових застосувань.
- Широкий діапазон вимірювань: Можливість вимірювати дуже низькі та дуже високі температури.
- Стабільність та надійність: Платинові RTD дуже стабільні з часом і мають довгий термін служби.
- Менший вплив контактного опору: Через більш високий номінальний опір, PT1000 менш чутливий до змін контактного опору в порівнянні з PT100.

Застосування:

- Промислові процеси: Контроль та моніторинг температури в різних промислових процесах.
- Наскрізне охолодження та HVAC: Системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря.
- Медицина: Використовується в медичних пристроях, що потребують точного контролю температури.
- Наукові дослідження: Лабораторні вимірювання температури в дослідницьких установах.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

Підключення до електронних схем:

PT1000 зазвичай використовується з мостовими схемами, для перетворення зміни опору на зміну напруги. Потім ця напруга підсилюється операційним підсилювачем, фільтрується та перетворюється на цифровий сигнал за допомогою аналого-цифрового перетворювача (ADC), який подається на мікроконтролер для подальшої обробки.

4.4 Вибір перетворювача напруги

MT3608 - це компактний, ефективний підвищувальний DC-DC перетворювач напруги, який використовується для збільшення напруги від джерела живлення до потрібного рівня. Він часто використовується в портативних пристроях, де потрібно підвищити напругу від акумулятора або іншого низьковольтного джерела до вищої напруги для живлення різних компонентів.



Рис. 4.4 Перетворювач напруги MT3608

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Основні характеристики МТ3608:

Вхідна напруга:

- Діапазон вхідної напруги: 2V до 24V.
- Це дозволяє працювати з різними джерелами живлення, такими як літієві акумулятори (3.7V), або інші низьковольтні джерела.

Вихідна напруга:

- Регульована вихідна напруга: 2V до 28V.
- Встановлюється через потенціометр, який дозволяє точно налаштувати вихідну напругу до потрібного значення.

Максимальний вихідний струм:

- До 2A, але фактичний струм залежить від вхідної напруги, вихідної напруги та умов охолодження.

Ефективність:

- Висока ефективність, яка досягає 93-95%, залежно від навантаження і різниці між вхідною та вихідною напругою.

Частота роботи:

- Типова частота перемикання 1.2 МГц, що дозволяє використовувати малі компоненти для фільтрації і підвищує ефективність.

Розміри:

- Компактний модуль, що підходить для використання в обмеженому просторі.

Додаткові функції:

- Захист від короткого замикання, захист від перевантаження по струму.
- Можливість включення/вимкнення через контрольний сигнал EN (enable).

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

4.5 Вибір операційного підсилювача

Операційний підсилювач (ОП) ОРА177 є високоточним підсилювачем постійного струму, виробленим компанією Texas Instruments. Він відомий своїми відмінними характеристиками, такими як низький рівень шуму, висока точність та стабільність.



Рис. 4.5 Операційний підсилювач ОРА177

Основні характеристики ОРА177:

1. Низький рівень зсуву напруги:

Типове значення: $25 \mu\text{V}$.

- Максимальне значення: $75 \mu\text{V}$.

2. Температурний коефіцієнт зсуву напруги:

- Типове значення: $0.1 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

- Максимальне значення: $0.3 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$.

3. Низький рівень шуму:

- Шумова напруга: $0.3 \mu\text{V p-p}$ (0.1 Гц - 10 Гц).

4. Висока швидкість підйому (slew rate):

- 0.3 V/мкс .

5. Високий коефіцієнт посилення відкритого контуру (open-loop gain):

- Типове значення: 120 дБ.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

6. Низький вхідний струм зміщення:

2 нА (типове значення).

Застосування:

1. Вимірювальні прилади: Завдяки високій точності, ОРА177 широко використовується в пристроях, що вимагають точних вимірювань, таких як мультиметри, вольтметри і датчики.

2. Медичне обладнання: У медичних приладах, де необхідна висока точність і надійність, цей ОП забезпечує стабільну роботу.

3. Автоматизація та контроль: Використовується в системах автоматизації, де потрібні точні аналого-цифрові перетворення і стабільні сигнали.

4. Промислові додатки: Застосовується в різних промислових контролерах і системах, де необхідно забезпечити стабільну і точну роботу при змінних умовах навколишнього середовища.

5. Аудіо обладнання: Використовується в високоякісних аудіо підсилювачах та інших аудіопристроях, де важливий низький рівень шуму і висока точність.

ОРА177 завдяки своїм характеристикам є надійним вибором для багатьох застосувань, де висока точність і стабільність мають ключове значення.

4.6 Вибір фільтру низьких частот

Фільтр низьких частот (ФНЧ) першого порядку RC-фільтр є простим електронним фільтром, який пропускає сигнали з частотами нижче певної порогової частоти і послаблює сигнали з частотами вище цієї порогової частоти. Назва RC-фільтра походить від його компонентів: резистора (R) і конденсатора (C).

					<i>МММТ 480.008.010- ПЗ</i>	Арк.
						49
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		

Структура та принцип роботи

РС-фільтр складається з резистора, з'єднаного послідовно з конденсатором, причому вихідний сигнал знімається з конденсатора. Вхідний сигнал подається на резистор.

Принцип роботи:

1. Низькочастотні сигнали: На низьких частотах конденсатор має великий опір (реактивний опір конденсатора ($X_C = \frac{1}{2\pi fC}$)), що дозволяє більшій частині сигналу пройти до виходу.
2. Високочастотні сигнали: На високих частотах конденсатор має малий опір, що призводить до того, що більша частина сигналу шунтується на землю, і тільки невелика частина сигналу досягає виходу.

Частотна характеристика

ФНЧ першого порядку має порогову частоту (частоту зрізу) f_c яка визначається за формулою:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

Ця частота є точкою, де амплітуда вихідного сигналу знижується до 70.7% (або -3 дБ) від амплітуди вхідного сигналу.

Функція передавання

Функція передавання фільтра (у комплексній площині) описується наступним виразом:

$$H(f) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{1 + j \frac{f}{f_c}}$$

де:

- V_{out} - вихідна напруга,
- V_{in} - вхідна напруга,
- j - уявна одиниця,
- f - частота сигналу,
- f_c - частота зрізу.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

Фазова характеристика

Фазова характеристика RC-фільтра першого порядку визначає фазовий зсув між вхідним і вихідним сигналами. При частоті зрізу фазовий зсув становить -45° . На низьких частотах зсув наближається до 0° , а на високих — до -90° .

Застосування

RC-фільтри першого порядку часто використовуються в різних електронних пристроях, зокрема в аудіообладнанні, для видалення високочастотного шуму, в схемах живлення для згладжування коливань напруги, а також у цифровій техніці для обмеження швидкості наростання сигналу.

Висновок: RC-фільтр першого порядку є основним, але дуже важливим елементом в електроніці, який використовується для формування частотних характеристик сигналів.

4.7. Вибір акумулятора

Літій-іонні (Li-ion) акумулятори є одними з найпоширеніших типів акумуляторів, що використовуються в сучасній електроніці завдяки їх високій енергоємності, тривалому терміну служби та низькій вазі. Вони широко застосовуються в мобільних телефонах, ноутбуках, електромобілях, портативних електронних пристроях та багатьох інших областях.

Основні характеристики Li-ion акумуляторів

1. Висока енергоємність:

- Li-ion акумулятори мають високу енергетичну щільність, що дозволяє зберігати більше енергії в меншому і легшому корпусі порівняно з іншими типами акумуляторів.

2. Низька вага:

- Завдяки використанню літію, який є легким металом, ці акумулятори мають меншу вагу, що робить їх ідеальними для портативних пристроїв.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		51

3. Довгий термін служби:

- Вони мають відносно довгий термін служби, витримуючи кілька сотень до тисяч циклів заряду-розряду при правильному використанні.

4. Низький рівень саморозряду:

- Li-іон акумулятори мають низький рівень саморозряду (приблизно 1-2% на місяць), що дозволяє їм довго зберігати заряд, коли не використовуються.

5. Відсутність ефекту пам'яті:

- Вони не мають ефекту пам'яті, тобто їх можна заряджати і розряджати в будь-який час без втрати ємності.

Структура Li-іон акумулятора

Літій-іонний акумулятор складається з наступних основних компонентів:

1. Анод:

- Зазвичай виготовляється з графіту або інших матеріалів, що містять літій.

2. Катод:

- Зазвичай виготовляється з оксиду металу (наприклад, оксиду літій-кобальту, літій-марганцю або літій-заліза-фосфату).

3. Електроліт:

- Рідка або гелева речовина, яка проводить іони літію між анодом і катодом під час зарядки і розрядки.

4. Сепаратор:

- Пориста мембрана, яка розділяє анод і катод, запобігаючи короткому замиканню, але дозволяючи іонам літію проходити між ними.

Принцип роботи

- Зарядка:

- Під час зарядки іони літію рухаються від катода до анода через електроліт і накопичуються в аноді.

- Розрядка:

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат.		

- Під час розрядки іони літію рухаються від анода до катода, створюючи потік електронів у зовнішньому ланцюзі, що забезпечує електричний струм для пристрою.

Переваги Li-ion акумуляторів

- Висока енергоемність.
- Довгий термін служби.
- Низька вага і компактні розміри.
- Швидка зарядка.
- Низький рівень саморозряду.
- Відсутність ефекту пам'яті.

Недоліки Li-ion акумуляторів

1. Чутливість до високих температур:

- Високі температури можуть пошкодити акумулятор або навіть спричинити вибух.

2. Висока вартість:

- Li-ion акумулятори дорожчі у виробництві порівняно з іншими типами акумуляторів.

3. Складність переробки:

- Вони містять токсичні метали, що ускладнює їх переробку.

4. Обмеження на струм розряду:

- Li-ion акумулятори можуть бути пошкоджені при високих струмах розряду, тому їх часто використовують з захисними схемами.

Літій-іонні акумулятори є надзвичайно ефективними і зручними для використання у багатьох електронних пристроях завдяки своїм численним перевагам. Проте їх використання вимагає дотримання певних заходів безпеки, особливо щодо температури і струму розряду, щоб забезпечити їх довгий термін служби і безпеку.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

4.8. Побудова принципово-електричної схеми

Принципова електрична схема (також відома як електрична схема або принципова схема) є графічним зображенням, що відображає структуру та зв'язки між електричними компонентами у пристрої або системі. Вона використовується для представлення принципової працездатності пристрою та передачі інформації про його функціональність, з'єднання та взаємодію компонентів.

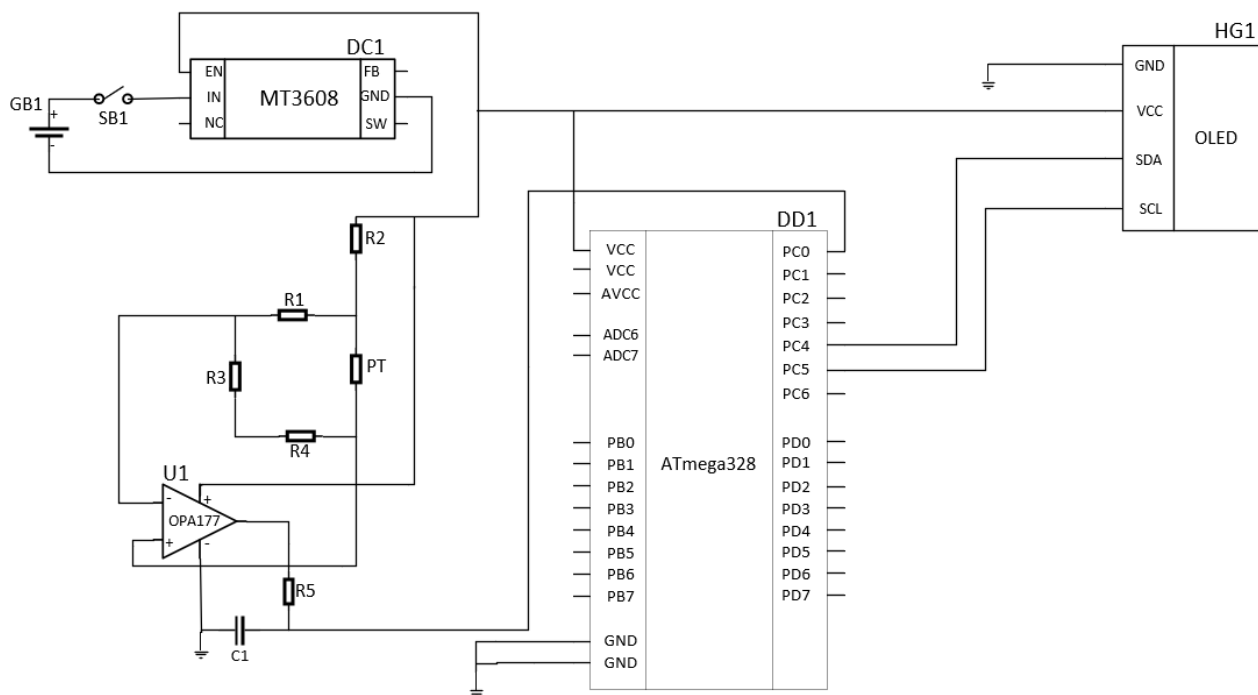
Принципова електрична схема використовує стандартні символи та позначення для представлення різних електричних компонентів, таких як резистори, конденсатори, транзистори, інтегральні схеми та інші. Компоненти підключаються за допомогою ліній та з'єднувальних вузлів, які вказують напрямок потоку сигналу.

Принципова електрична схема допомагає інженерам та технікам розуміти та аналізувати принципову роботу пристрою, виявляти можливі проблеми та здійснювати моделювання імітаційних схем. Вона також використовується під час проектування, виробництва та обслуговування електронних пристроїв і систем.

Принципові електричні схеми можуть бути простими, якщо вони відображають окремі компоненти та їх підключення, або складними, якщо вони включають багато компонентів і зв'язків. Крім того, вони можуть бути статичними, показуючи стан пристрою в певний момент часу, або динамічними, відображаючи залежності між компонентами в часі.

Узагальнюючи, принципова електрична схема є важливим інструментом для розуміння, аналізу та проектування електричних пристроїв і систем, дозволяючи візуалізувати та передавати їх функціональність та зв'язки між компонентами.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		



4.7 Принципова схема комп'ютеризованої інформаційно-виміральної системи для визначення температури твердих тіл

Складові системи наступні:

- DC1 – перетворювач напруги MT3608;
- U1 – операційний підсилювач OPA177;
- DD1 – мікроконтролер ATmega328;
- GB1 – літій-іонний акумулятор;
- HG1 – Oled дисплей;
- SB1 – перемикач;
- PT – датчик температури PT1000;
- C1 – конденсатор 22nF;
- R1, R2, R3, R4, R5 – резистор 1кОм;

5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ

5.1. Розробка алгоритму

Для початку розробимо алгоритм (рисунок 5.1) роботи, за яким майбутня програма буде виконувати певні дії.



Рис 5.1. Алгоритм програми

Опис роботи алгоритму

Підключення бібліотек:

- Першим кроком підключаються необхідні бібліотеки для роботи з OLED дисплеєм. Це дозволяє використовувати функції для ініціалізації та управління дисплеєм.

Ініціалізація змінних:

- Задаються змінні, які будуть використовуватися для збереження даних з датчиків, налаштувань дисплею тощо.

Початкова настройка OLED:

- Ініціалізується OLED дисплей і перевіряється його працездатність. Це включає в себе запуск дисплея, тестовий вивід і очищення дисплея.

Основний цикл (loop):

Перевірка стану перемикача:

- В кожній ітерації циклу перевіряється стан перемикача живлення. Якщо перемикач увімкнений, система продовжує виконання алгоритму.

Опитування датчика кожні 5 секунд:

- Система зупиняється на 5 секунд (затримка), щоб забезпечити регулярне опитування датчика температури.

Зчитування даних з датчика температури:

- Зчитується значення з аналогового входу, до якого підключений датчик температури.

Обробка зчитаних даних:

- Перетворення зчитаного аналогового сигналу у відповідну напругу.

Обчислення температури:

- Виконується обчислення температури на основі напруги, зчитаної з датчика. Для цього використовується формула перетворення напруги в температуру.

Вивід даних на OLED:

- Результуюча температура виводиться на OLED дисплей. Відображається текст з температурним значенням.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

5.2. Розробка програми

Даний код написаний в середовищі програми Arduino.IDE, на мові програмування C

- Підключає бібліотеки.
- Ініціалізує змінні.
- Опитує датчики температури (PT1000) кожні 5 секунд.
- Обробляє отримані дані.
- Виводить результати на OLED дисплей.

Ось код, який реалізує ці кроки:

```
#include <Wire.h>

#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>

#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 64
#define OLED_RESET -1

Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire,
OLED_RESET);

#define TEMP_SENSOR_PIN A0

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  if (!display.begin(SSD1306_I2C_ADDRESS, OLED_RESET)) {
    Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
    for (;;)
  }
  display.display();
  delay(2000);
  display.clearDisplay();
  display.setTextSize(1);
  display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
  pinMode(TEMP_SENSOR_PIN, INPUT);
```

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Адк.
						58
Зм.	Адк.	№ докum.	Підпис	Дат		

```

}

void loop() {
  delay(5000); // Опитування кожні 5 секунд
  int sensorValue = analogRead(TEMP_SENSOR_PIN);
  float voltage = sensorValue * (5.0 / 1023.0); // Перетворення сигналу
  float temperature = (voltage - 0.5) * 100.0; // Обчислення температури
  Serial.print("Temperature: ");
  Serial.print(temperature);
  Serial.println(" C");
  display.clearDisplay();
  display.setCursor(0, 0);
  display.print("Temperature: ");
  display.print(temperature);
  display.println(" C");
  display.display();
}

```

Пояснення коду:

Підключення бібліотек та визначення параметрів дисплея:

```

#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>

```

Ці бібліотеки необхідні для роботи з OLED дисплеєм. Wire.h використовується для роботи з I2C, а Adafruit_GFX.h та Adafruit_SSD1306.h надають функції для управління OLED дисплеєм.

Визначення розмірів дисплея:

```

#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 64
#define OLED_RESET -1

```

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

```
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire,  
OLED_RESET);
```

Тут задаються розміри дисплея (128х64 пікселів) і створюється об'єкт display для управління OLED дисплеєм.

Визначення піну для датчика температури:

```
#define TEMP_SENSOR_PIN A0
```

Визначаємо аналоговий пін A0, до якого підключено датчик температури.

Функція setup()

```
void setup() {
```

```
Serial.begin(9600);
```

```
if (!display.begin(SSD1306_I2C_ADDRESS, OLED_RESET)) {
```

```
Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
```

```
for (;;);
```

```
}
```

```
display.display();
```

```
delay(2000);
```

```
display.clearDisplay();
```

```
display.setTextSize(1);
```

```
display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
```

```
pinMode(TEMP_SENSOR_PIN, INPUT); }
```

’Serial.begin(9600);’: Ініціалізує серійний зв'язок з швидкістю 9600 бод для виводу даних в серійний монітор.

‘display.begin(...)’: Ініціалізує OLED дисплей. Якщо ініціалізація не вдається, виводиться повідомлення "SSD1306 allocation failed" і програма зациклюється.

‘display.display();’ та ‘delay(2000);’: Відображає початковий екран на 2 секунди.

‘display.clearDisplay();’: Очищує дисплей.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

‘display.setTextSize(1);’ та ‘display.setTextColor(SSD1306_WHITE);’:

Встановлює розмір та колір тексту для виводу на дисплей.

‘pinMode(TEMP_SENSOR_PIN, INPUT);’: Встановлює пін ‘A0’ як вхід для зчитування даних з датчика температури.

Функція loop()

```
void loop() {
```

```
  delay(5000); // Опитування кожні 5 секунд
```

```
  int sensorValue = analogRead(TEMP_SENSOR_PIN);
```

```
  float voltage = sensorValue * (5.0 / 1023.0); // Перетворення сигналу
```

```
  float temperature = (voltage - 0.5) * 100.0; // Обчислення температури
```

```
  Serial.print("Temperature: ");
```

```
  Serial.print(temperature);
```

```
  Serial.println(" C");
```

```
  display.clearDisplay();
```

```
  display.setCursor(0, 0);
```

```
  display.print("Temperature: ");
```

```
  display.print(temperature);
```

```
  display.println(" C");
```

```
  display.display();
```

```
}
```

- ‘delay(5000);’: - Затримка на 5 секунд між опитуваннями датчика температури.

- ‘int sensorValue = analogRead(TEMP_SENSOR_PIN);’: - Зчитує аналогове значення з датчика температури, підключеного до піна A0.

- ‘float voltage = sensorValue * ($\frac{5.0}{1023.0}$);’: - Перетворює зчитане аналогове значення в напругу. Напруга обчислюється за формулою напруга = значення_датчика $\times$ ($\frac{5.0}{1023.0}$).

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

- 'float temperature = (voltage - 0.5) * 100.0;': - Обчислює температуру на основі напруги. Формула враховує, що 0.5 В відповідає 0 °C і кожні 10 мВ відповідають 1 °C.

- 'Serial.print(...)': - Виводить обчислену температуру в серійний монітор.

- 'display.clearDisplay()': - Очищує дисплей перед виводом нових даних.

- 'display.setCursor(0, 0)': - Встановлює курсор в початкову позицію на дисплеї.

- 'display.print("Temperature: "); display.print(temperature); display.println("C")': - Виводить текст "Temperature: " і обчислену температуру на дисплей.

- 'display.display()': - Оновлює дисплей для відображення нових даних.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

6. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

6.1 Розробка друкованої плати

Для побудови плати я використав середовище Easy EDA: EasyEDA є онлайн-платформою для проектування електронних схем та друкованих плат (PCB). Вона надає зручні інструменти для створення, редагування та спільної роботи над проектами електронних пристроїв.

Основні можливості EasyEDA:

Проектування схем: EasyEDA має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що дозволяє легко створювати електричні схеми. В програмі можна використовувати готові компоненти з бібліотеки або створювати свої власні. Програма автоматично з'єднує елементи та забезпечує перевірку правильності з'єднань.

EasyEDA надає різноманітні інструменти для редагування схем, включаючи переміщення, поворот, масштабування та копіювання елементів. В програмі можна змінювати властивості елементів, такі як значення, мітки тощо.

Симуляція: EasyEDA має вбудований симулятор, який дозволяє перевірити роботу вашої схеми перед виготовленням друкованої плати.

Ви можете виконувати аналогові, цифрові та змішані симуляції для перевірки працездатності вашої схеми.

Проектування печатних плат (PCB): EasyEDA дозволяє легко перетворити вашу схему в друковану плату. В програмі можна розміщувати компоненти, встановлювати з'єднання, розташовувати сліди та стежки, виконувати правила розміщення компонентів і розподіл слідів.

Спільна робота: EasyEDA підтримує можливість спільної роботи над проектами. Ви можете запрошувати інших користувачів для спільного доступу до проекту, обмінюватися думками, коментарями та вносити зміни в реальному часі.

Виготовлення печатних плат: EasyEDA надає можливість замовити виготовлення друкованих плат безпосередньо з платформи. Ви можете

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

вибрати параметри, такі як кількість шарів, матеріал плати та інші налаштування, і замовити виготовлення проекту.

EasyEDA є потужним інструментом для проектування електронних пристроїв та дозволяє легко переходити від створення схеми до розробки друкованої плати. Вона є доступною та зручною для початківців, а також має достатні функціональні можливості для професіоналів.

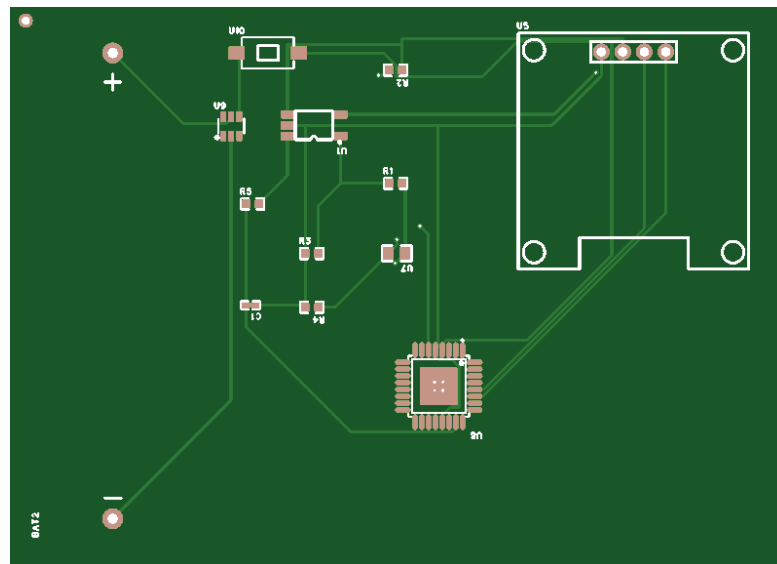


Рис 6.1. Друкована плата, верхня сторона

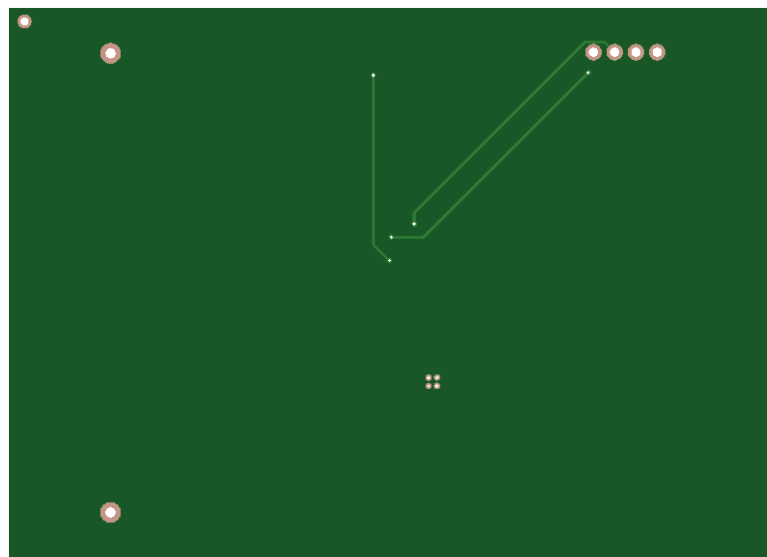


Рис 6.2. Друкована плата, нижня сторона

Плата складається з наступних елементів:

Мікроконтролер: ATmega328

Датчик температури: PT1000

Перетворювач: MT3608 (вихідна напруга 5V)

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

Літій-іонний акумулятор

Операційний підсилювач: ОРА177

Резистор 1кОм (5шт.)

Конденсатор 22nF

Дисплей: OLED

6.2. Розрахунок надійності системи

При розрахунку надійності визначалися наступні кількісні показники:

1. Імовірність безвідмовної роботи за заданий час $P(t)$;
2. Параметр потоку відмовлень $\lambda(t)$;
3. Середній наробіток до відмовлення T_e .

Безвідмовність – властивість системи неперервно зберігати працездатність впродовж заданого інтервалу часу. Звичайно визначається імовірність безвідмовної роботи за даний інтервал часу, що вибирається

рівним 500, 1000 чи 2000 годин.

Основним показником, що враховується при розрахунках надійності, є інтенсивність відмовлень $\lambda(t)$ – число відмовлень в одиницю часу, віднесене до числа елементів, що залишилися справними до початку даного інтервалу часу.

Розрахунок показників надійності проводився методом λ -характеристик, заснованому на інтенсивностях відмовлень комплектуючих виробів (КВ) і поправочних коефіцієнтах, що враховують реальні режими і умови експлуатації виробу.

Критерій відмовлення приладу — це умови або характеристики, при яких вважається, що прилад не працює належним чином або повністю виходить з ладу. Відмовлення може бути визначене різними факторами, залежно від типу приладу та його призначення. Ось деякі загальні критерії відмовлення електронних приладів:

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

1. Втрата функціональності:
 - Прилад не виконує свою основну функцію.
 - У випадку DC-DC перетворювача це може бути невихід на задану вихідну напругу.
 2. Перевищення допустимих параметрів:
 - Перевищення максимальних допустимих значень напруги, струму або температури.
 - Вихідна напруга MT3608 виходить за межі 2.5V - 28V або вхідна напруга перевищує 26V.
 3. Перегрів:
 - Температура приладу перевищує максимальні допустимі значення.
 - Робочий температурний діапазон MT3608 -40°C до 85°C.
 4. Зміна характеристик:
 - Суттєва зміна вихідних параметрів, таких як зниження ефективності перетворення.
 - Якщо ефективність перетворення суттєво знижується і споживання енергії стає надмірним.
 5. Фізичне пошкодження:
 - Видимі пошкодження компонентів, такі як тріщини, вигорілі місця, пошкодження корпусу тощо.
 6. Неприпустимий рівень шуму:
 - Генерація неприпустимих рівнів електричного шуму або перешкод.
 - Надмірний електромагнітний шум, який може впливати на роботу інших пристроїв.
 7. Втрата комунікації:
 - Прилад не може взаємодіяти з іншими компонентами системи.
 - ATmega328 не може обмінюватися даними з OLED дисплеєм через I2C.
- Визначення критеріїв відмовлення для приладу є важливим кроком для забезпечення його надійної роботи.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Це дозволяє своєчасно виявляти проблеми і приймати необхідні заходи для їх усунення або заміни приладу.

Розрахунок параметра потоку відмовлень виробу проводиться по формулі:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n N_i \lambda_i$$

де n – загальне число групи КВ, що входять до складу проектованого виробу; $N_i \lambda_i$ – кількість і інтенсивність відмовлень КВ i -ої групи відповідно.

Інтенсивність відмовлень КВ i -ої групи в робочому режимі визначалася по формулі

$$\lambda_i = \lambda_{oi} a_i \dots a_n.$$

де λ_{oi} – інтенсивність відмовлень КВ в номінальному режимі і нормальних умовах; $a_i \dots a_n$ – поправочні коефіцієнти, що враховують умови роботи (кліматичні і механічні впливи в залежності від призначення й умов

майбутньої роботи), електричне навантаження КВ і температуру навколишнього середовища, ступінь інтеграції інтегральних мікросхем, а також співвідношення видів відмовлень.

Конкретні формули, по яких визначалися інтенсивність відмовлень кожної групи комплектуючих виробів, приведені в таблиці 6.1.

По формулі (6.1) визначаємо потік відмовлень виробу (сума величин в графі 10 таблиці 6.2):

$$\lambda = 68,8 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}$$

Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t визначалася по формулі

$$P(t) = e^{-\lambda t} \approx 1 - \lambda t$$

де λ – параметр потоку відмовлень; t – час роботи виробу (год)

Дані розрахунку $P(t)$ приведені в таблиці 6.1.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

Таблиця 6.1 – Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

250	500	750	1000	2000	5000	8000	10000
0.9841	0.9685	0.9531	0.9379	0.8797	0.7258	0.5988	0.5268

На графіку, приведеному на рис 6.2 приведена залежність надійності P(t).

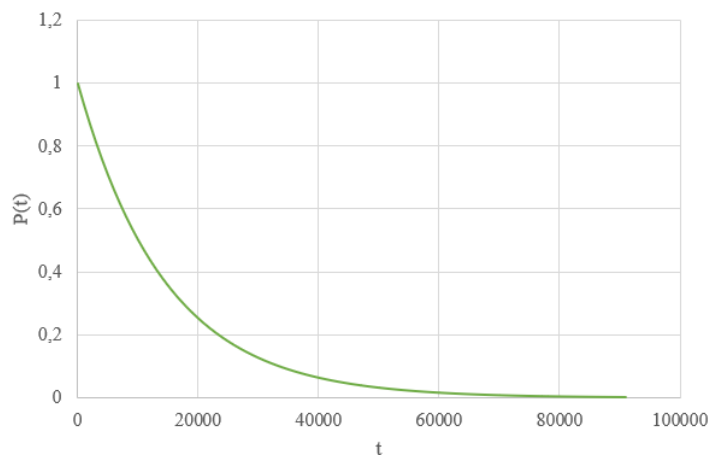


Рис 6.1. Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

Середній наробіток до відмовлення виробу визначався по формулі:

$$T_0 = \lambda^{-1}$$

Підставляючи дані в формулу одержимо

$$T = (67.52928 \cdot 10^{-6})^{-1} = 14808.39 \text{ годин}$$

Поз.	Найменування	Кі л.	$\lambda_{i0} \cdot 10^6$ год ⁻¹	Формула розрахунку λ_i	Коефіцієнти				$\Sigma \lambda_i \cdot 10^6$ год ⁻¹
1	Перетворювач напруги				a_1	a_2	a_4	a_6	
	MT3608	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
2	Операційний підсилювач				a_1	a_2	a_4	a_6	
	OPA177	1	0,2	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0.546
3	Резистори	5	0,008	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0.1344
4	Мікроконтролер				a_1	a_2	a_4	a_6	
	ATmega328	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_5$	2,1	1	1,3	1	0,819
5	Oled дисплей	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
6	Датчик температури PT1000	1	0,2	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
7	Перемикач	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
8	Конденсатор	1	0,008	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,02688
9	Літій-іонний акумулятор	1	30	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_4$	2,1			1	63
	Разом								67.52928

Таблиця 6.2.Перелік комплектуючих виробів

6.3 Розрахунок похибки вимірювання температури

Проведено 10 повторних вимірювань датчиком температури PT1000, діапазон вимірювання температури згідно технічних характеристик від -40 до 85 градусів цельсія.

Було отримано наступну вибірку:

$T = (25.0, 26.5, 24.7, 25.2, 25.8, 25.1, 26.0, 24.9, 25.4, 25.6)$

Середнє арифметичне

$$\bar{T} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} T_i \cong 25,42$$

Похибки повторних вимірювань ΔT_i та ΔT_i^2

Результати вимірювань та обчислень заносимо у таблицю

№ з.п	T, градусів	ΔT_i , градусів	ΔT_i^2 , градусів ²
1	25,0	0,42	0,1764
2	26,5	1,08	1,1664
3	24,7	0,72	0,5184
4	25,2	0,22	0,0484
5	25,8	0,38	0,1444
6	25,1	0,32	0,1024
7	26,0	0,58	0,3364
8	24,9	0,52	0,2704
9	25,4	0,02	0,0004
10	25,6	0,18	0,0324
сер	25,42	0,464	0,279

Таблиця 6.3.Результати вимірювань

Розраховуємо випадкову похибку вимірювання

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{1}{10 \times 9} \sum_{i=1}^{10} (\bar{T} - T_i)^2} \approx 0,184 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Шукаємо випадкову похибку

$$\Delta_B T = 2,26 * 0,184 = 0,416 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Похибка приладу

$$\Delta_{\text{пр}} T = \frac{1}{300} \times 2,0 \times 100 \times 1 \approx 0,63 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Похибка заокруглення

$$\Delta T_3 = 0,95 \times \frac{0,05}{2} \approx 0,02 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Загальну абсолютну похибку

$$\Delta T = \sqrt{(0,416)^2 + (0,67)^2 + (0,02)^2} \approx 0,79 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Таким чином, кінцевий результат вимірювань складає 25.42 ± 0.79 градусів Цельсія з відносною похибкою 3.11%.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Адк.
						70
Зм.	Адк.	№ докum.	Підпис	Дат		

7. ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1. Охорона праці

При розробці, випробуванні та експлуатації електронних пристроїв необхідно дотримуватись вимог охорони праці та техніки безпеки. Це включає дотримання правил безпеки при роботі з електричними приладами, запобігання можливим травмам та ушкодженням обладнання.

Основні вимоги охорони праці при роботі з електронними пристроями:

1. Електробезпека:

- Під час роботи з електронними пристроями необхідно забезпечити ізоляцію робочих місць та наявність захисних засобів.
- Використання інструментів з ізольованими ручками.
- Забезпечення справності електрообладнання та інструментів.
- Забороняється працювати з електроприладами мокрими руками або в умовах підвищеної вологості.

2. Запобігання пожежам:

- Використання пристроїв тільки за їх прямим призначенням.
- Забезпечення наявності первинних засобів пожежогасіння.
- Забороняється перевантажувати електричні мережі та залишати ввімкнене обладнання без нагляду.
- Регулярна перевірка стану електропроводки та захисних пристроїв.

3. Механічна безпека:

- Використання спеціальних засобів для захисту від механічних травм (окуляри, рукавички).
- Забороняється використовувати несправний або підозрілий інструмент.

4. Робота з хімічними речовинами:

- Дотримання правил безпеки при роботі з хімічними речовинами, які використовуються для очищення або пайки компонентів.
- Використання індивідуальних засобів захисту (рукавички, маски).

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дат		

7.2. Розробка заходів з охорони праці

Для забезпечення безпеки праці під час розробки, виготовлення та тестування електронних пристроїв необхідно розробити та впровадити заходи охорони праці.

Заходи охорони праці:

1. Інструктаж та навчання:

- Проведення регулярного інструктажу з охорони праці для працівників.
- Навчання працівників правилам безпечної експлуатації

електрообладнання та першої допомоги.

2. Організація робочого місця:

- Забезпечення робочих місць необхідними засобами захисту та інструментами.

- Створення зручних і безпечних умов праці.

3. Моніторинг та контроль:

- Регулярний контроль за дотриманням правил охорони праці.
- Ведення журналу обліку нещасних випадків та проведення розслідувань їх причин.

7.3. Пожежна безпека приміщення

Для забезпечення пожежної безпеки необхідно дотримуватись таких вимог:

1. Організація пожежної безпеки:

- Обладнання приміщень засобами пожежогасіння (вогнегасники, пожежні щити).
- Регулярна перевірка справності засобів пожежогасіння та систем пожежної сигналізації.

2. Евакуаційні заходи:

- Розробка та вивішування планів евакуації на видних місцях.
- Проведення навчальних евакуацій для працівників.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

3. Заборона на паління:

- Заборона паління в приміщеннях та на робочих місцях.
- Відведення спеціальних місць для паління з відповідними попереджувальними знаками.

Дотримання цих вимог і заходів забезпечить безпечні умови праці, мінімізує ризики нещасних випадків і забезпечить тривалу та безперебійну роботу електронних пристроїв.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		

ВИСНОВОК

У процесі виконання даної дипломної роботи було розроблено та реалізовано систему для вимірювання температури з використанням операційного підсилювача ОРА177, мікроконтролера АТmega328 та OLED-дисплея для візуалізації даних. Основною метою роботи було створення надійної та ефективної системи, яка дозволяє точно вимірювати температуру та виводити дані на дисплей у реальному часі.

Під час виконання роботи було здійснено наступні етапи:

- Аналіз вимог та вибір компонентів: Було здійснено аналіз вимог до системи, вибрано відповідні електронні компоненти та розроблено принципову схему.

- Розробка схеми та монтаж: Було розроблено та змонтовано схему, яка включає МТ3608 для стабілізації живлення, операційний підсилювач ОРА177 для підсилення сигналу датчика температури, та мікроконтролер АТmega328 для обробки даних і виводу на дисплей.

- Програмування мікроконтролера: Було написано програму для мікроконтролера, яка забезпечує зчитування даних з датчика температури, їх обробку та вивід на OLED-дисплей.

- Випробування та налагодження системи: Система пройшла тестування на функціональність і точність вимірювання температури, а також було проведено налагодження для забезпечення коректної роботи всіх компонентів.

В дипломній роботі вирішені такі завдання:

- Проведений аналіз існуючих систем вимірювання тиску;
- Обрано складові елементи комп'ютеризованої вимірювальної системи;
- Розроблена структурна та принципова схеми системи;
- Розроблена друкована плата;
- Розроблена блок-схема алгоритму роботи та відповідна програма;
- Розрахована надійність системи;
- Описана охорона праці на виробництві.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Резистивні термометри [Електронний ресурс] (RTD) - Режим доступу: <https://industry.hlr.ua/instrumentation/calibrationequipment/temperature-calibrators/resistance-bridges/ctr2000/>.
2. Тепловізори [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://pricel.com.ua/ua/news/?blog_id=148.
3. Радіаційні термометри [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://simvolt.ua/suchasn-nfrachervon-prometri-vimryuvannya-temperaturi-bez-dotiku.html/>.
4. Принцип роботи мікроконтролерів [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.microchip.com>.
5. Принцип роботи дисплея [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://learn.adafruit.com>.
7. Принцип роботи датчиків температури [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.labfacility.com>.
8. Книга Power Supply Cookbook / Марта Браун; 2001р. – 277с. – Режим доступу: <https://pwrelectronic.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/06/power-supply-cookbook.pdf>.
9. Принцип роботи операційного підсилювача [Електронне джерело] – Режим доступу: <https://www.electronics-tutorials.ws>.
10. Принцип роботи перемикача [Електронне джерело] – Режим доступу: <https://www.allaboutcircuits.com>.
11. Книга вимірювання та аналіз процесу автора / Bela G. Liptak, 2003р. – 1300с.
12. Довідник з вимірювання температури: теорія та практика / Е. Лой Аппа, 2018р. – 422с.
13. Книга температурні вимірювання / R. J. Moffat, 2017р. – 300с.
14. Практичний посібник з промислових температурних вимірювань / Е. Ф. Бірн, 2014р. – 408с.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дат		

15. EasyEDA [Електронний ресурс].– Режим доступу: <https://easyeda.com>.

16. Дизайн друкованих плат [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.fmuser.net/content/?17004.html>.

17. Допоміжна онлайн бібліотека [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://chatgpt.com>.

18. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи освітнього ступеня «бакалавр» // Розробники: Подчашинський Юрій, Чепюк Ларіна, Петросян Руслан, 2021. – 60с.

					МММТ 480.008.010- ПЗ	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дат		