

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Інформаційних електронних систем

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра Інформаційних радіоелектронних технологій і систем

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«РАДІОЕЛЕКТРОННИЙ БЛОК КЕРУВАННЯ ПРИСТРОЄМ КЛІМАТ-КОНТРОЛЮ»

Виконав: студент 2(4)-го курсу, групи РТ-23мс
спеціальності 172 – Електронні комунікації та
радіотехніка, ОП- Радіотехніка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Вельган А.А.

(прізвище та ініціали)

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

Осадчук О.В.

(прізвище та ініціали)

« 11 » 06 2025 р.

Рецензент: к.т.н., доц., доцент каф. ІКСТ

Семенова О.О.

(прізвище та ініціали)

« 12 » 06 2025 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ІРТС

д.т.н., проф. Осадчук О.В.

(прізвище та ініціали)

« 13 » 06 2025 р.

Вінниця ВНТУ - 2025 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет Інформаційних електронних систем
Кафедра Інформаційних радіоелектронних технологій і систем
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань – 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації
Спеціальність – 172 Електронні комунікації та радіотехніка
Освітньо-професійна програма – Радіотехніка

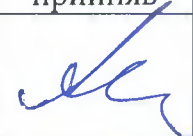
ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ІРТС
Олександр ОСАДЧУК
2025 року

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Вельгану Артему Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи. «Радіоелектронний блок керування пристроєм клімат-контролю»
керівник роботи Осадчук Олександр Володимирович, д.т.н., проф., зав. каф. ІРТС
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від “20”03 2025 року № 97
- Строк подання студентом роботи 10 06 2025 року
- Вихідні дані до роботи: споживана потужність не повинна перевищувати 0,25 Вт; номінальне значення коефіцієнта корисної дії 75%; вид інтерфейсу повинен відповідати стандарту RS-232 інтерфейсу; номінальна напруга живлення (+5...+9) $\pm 5\%$; максимальний споживаний струм 0,5 А; довговічність не менше 50 тис.год; напрацювання на відмову не менше 10 тис.год
- Зміст текстової частини: Вступ. Аналіз сучасного стану теорії та практики дистанційного керування. Розроблення структурної схеми пристрою. Електричний розрахунок пристрою. Розробка програмного забезпечення. Конструкторські розрахунки пристрою. Моделювання пристрою на ЕОМ. Охорона праці. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.
- Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Діаграма для визначення оптимальності клімату з урахуванням температури та відносної вологості. Загальна структурна схема. Цифровий блок пристрою клімат-контролю. Графік залежності вихідної напруги від відносної вологості повітря. Залежність величини ємності від відносної вологості при різних температурах. Діаграма області застосування сенсора НІН-4000. Внутрішня структура мікросхеми DS18B20. Схема включення термодатчика в режимі зовнішнього живлення. Електрична схема мережі MicroLAN. Електрична схема опорного генератора.

6. Консультанти розділів роботи

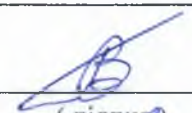
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	д.т.н., професор, зав. каф. ІРТС Осадчук О.В.		
Охорона праці	професор кафедри БЖДПБ, доцент, д.п.н., Дембіцька С.В.		

7. Дата видачі завдання 25.03.2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вибір, узгодження та затвердження теми БКР	14.02.2025-28.02.2025	
2.	Огляд та аналіз літературних джерел.	01.03.2025-19.03.2025	
3.	Розробка завдання на БКР. Затвердження теми.	20.03.2025-25.03.2025	
4.	Попередня розробка основних розділів. Аналіз вирішення поставленої задачі. Розробка структурної схеми та технічних рішень.	26.03.2025-06.05.2025	
5.	Математичне моделювання та електричні розрахунки . Експериментальне дослідження.	07.05.2025-18.05.2025	
6.	Розробка ілюстративної частини БКР	19.05.2025-22.05.2025	
7.	Охорона праці (ОП)	23.05.2025-25.05.2025	
8.	Оформлення пояснювальної записки та ілюстративної частини.	26.05.2025-05.06.2025	
9.	Нормоконтроль	07.06.2025-10.06.2025	
10.	Попередній захист БКР, доопрацювання, рецензування БКР	11.06.2025-15.06.2025	
11.	Захист БДР ЕК	16.06.2025-17.06.2025	

Студент


(підпис)
Вельган А.А.

Керівник роботи


(підпис)
Осадчук О.В.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.396

Вельган А. А. Радіоелектронний блок керування пристроєм клімат-контролю. Бакалаврська кваліфікаційна робота. – Вінниця: ВНТУ, 2025. – 97 с. Українською мовою. Бібліогр.: 41 . назв; Рис.: 15, Табл. 4.

В бакалаврській кваліфікаційній роботі здійснено розроблення та дослідження радіоелектронного блоку керування пристроєм клімат-контролю. Розглянуті варіанти вирішення поставленої задачі, уточнені технічні вимоги до розробки радіоелектронного блоку керування пристроєм клімат-контролю. Розглянуті можливі схемотехнічні варіанти реалізації пристрою і з поміж них обраний оптимальний варіант. Розроблена структурна схема пристрою, обґрунтовані та обрана компонента база, що буде використовуватись. Здійснені електричні розрахунки каскадів пристрою. Розроблене програмне забезпечення для програмування мікроконтролера ATmega8. Спочатку вивчена структура майбутньої програми, а потім згідно цієї структури розроблений програмний код на мові програмування Cі. Здійснені конструкторські розрахунки плати, де обраний метод виготовлення друкованих провідників, розраховані параметри електричних з'єднань. Комп'ютерне моделювання каскадів пристрою підтвердило правильність розроблених електричних схем.

Ключові слова: радіоелектронний пристрій, блок керування, клімат-контроль, датчик температури.

ABSTRACT

Velgan A.A. Radio electronic control unit of climate control device. Bachelor's qualification work: VNTU, 2025. 97 p. In Ukrainian. Bibliography: 41. titles; Figures: 15. Table. 4.

In the bachelor's qualification work, the development and research of an electronic control unit for a climate control device was carried out. The options for solving the problem are considered, the technical requirements for the development of an electronic control unit for a climate control device are specified. Possible circuitry options for implementing the device are considered, and the optimal option is selected from among them. A block diagram of the device is developed, the component base to be used is substantiated and selected. Electrical calculations of the device's cascades were carried out. Software for programming the ATmega8 microcontroller was developed. Firstly, the structure of the future programme was determined, and then, according to this structure, the programme code was developed in the C programming language. Design calculations of the board were carried out, where the method of manufacturing printed conductors was chosen, and the parameters of electrical connections were calculated. Computer modelling of the device's cascades confirmed the correctness of the developed electrical circuits.

Keywords: electronic device, control unit, climate control, temperature sensor.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ	
ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ	11
1.1 Аналіз технічної задачі та варіантів її вирішення	11
1.2 Уточнення технічних вимог і аналіз способів їх вирішення	12
1.3 Огляд сучасного стану пристроїв вимірювання температури	13
2 РОБЛЕННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ	17
2.1 Загальна структурна схема	17
2.2 Вибір датчика вологості	19
2.3 Вибір датчика температури	23
2.4 Вибір інтерфейсу обміну даними для датчика температури	30
2.5 Вибір та обґрунтування мікроконтролера.....	32
3 ЕЛЕКТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПРИСТРОЮ	34
3.1 Електричний розрахунок опорного генератора	34
3.2 Електричний розрахунок випрямляча та ємнісного фільтра	35
3.3 Електричний розрахунок стабілізатора напруги	40
4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	43
4.1 Розробка блок-схеми програми	43
4.2 Розробка коду на мові програмування Сі.....	43
5 КОНСТРУКТОРСЬКІ РОЗРАХУНКИ ПРИСТРОЮ	49
5.1 Конструкторський розрахунок друкованої плати	49
5.2 Розробка конструкції пристрою	55
5.3 Розрахунок надійності по раптовим відмовам	56
6 МОДЕЛЮВАННЯ ПРИСТРОЮ НА ЕОМ	60
6.1 Вибір програми моделювання	60
7 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	62
7.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи.....	63
7.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	66

7.3 Пожежна безпека.....	72
ВИСНОВКИ.....	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	76
Додаток А (обов'язковий) Ілюстративний матеріал.....	81
Додаток Б (обов'язковий) Протокол перевірки навчальної (бакалаврської) кваліфікаційної роботи.....	90
Додаток В (довідниковий) Лістинг програми.....	92

ВСТУП

Актуальність теми.

У житлових приміщеннях комфорт визначається температурою, вологістю, швидкістю руху повітря, тепловою характеристикою конструкції, що обгороджує, будинку, температурою внутрішніх поверхонь кімнати і якістю кімнатного повітря, у робочих приміщеннях до цих параметрів додаються шум, вібрації тощо.

Температура й вологість повітря в приміщенні є найважливішими параметрами, що визначають стан комфорту усередині приміщення. Організм людини постійно виділяє теплоту залежно від фізичної активності доросла людина, що так спокійно спить, виділяє в середньому близько 80Вт, при більших фізичних навантаженнях вже 300Вт[1].

Ця теплота повинна відводитись від людини, щоб не допустити перегрів. Виділяється це тепло головним чином шляхом теплообміну з навколишнім повітрям, тому, крім одягу, важливим показником теплового комфорту для людини є температура навколишнього повітря. Рекомендовані значення температури повітря в приміщенні за різними стандартами перебувають у межах 19-25 °С. Ще один фізичний параметр внутрішньої атмосфери, що безпосередньо впливає на теплообмін організму людини – це вологість повітря, що характеризує його насиченість водяними парами. Так недостатня вологість, менш 20% відносної вологості, приводить до пересихання слизових оболонок, викликає кашель. А перевищення рівня вологості, більш 65%, призводить до погіршення тепловіддачі при випаровуванні поту, виникає почуття задухи. Тому температура повинна співвідноситися з рівнем вологості[2].

Проблема контролювання регулювання і підтримання заданої температури є актуальною, оскільки від її ефективного вирішення у великій мірі залежить якість технологічного процесу на виробництві, нормальна і

ефективна робота машин і механізмів і взагалі підтримання оптимальних умов для роботи, життя і відпочинку людини.

Дану функцію виконують терморегулятори і термометри різного призначення.

Аналіз способів вирішення поставленої задачі.

Основним завданням даної бакалаврської кваліфікаційної роботи є створити пристрій який міг би підтримувати основні кліматичні параметри комфорту, а саме температуру та вологість повітря, в межах, оптимальних для процесів життєдіяльності людини. Адже всім відомо, що продуктивність праці, якість відпочинку залежить від комфортабельності умов, створених для людини.

У цій спробі завдання виконується за допомогою цифрових засобів, пов'язаних із інформаційними радіоелектронними технологіями. Це викликано постійним розвитком цифрових технологій. Основним компонентом є мікроконтролер. Мікроконтролер - це напівпровідниковий пристрій, який містить одну або кілька великих інтегральних схем, запрограмованих і відповідальних за автоматичну обробку інформації. Сучасні мікропроцесорні вимірювальні прилади можна розглядати як прилади, що здійснюють двосторонній зв'язок: з оператором та інформаційною системою та односторонній зв'язок: з об'єктом вимірювання та навколишнім середовищем. Використання мікропроцесорів у приладах, які мають здатність зберігати інформацію, а потім обробляти її, вводить «інтелект» у пристрій і уможливорює пристрою мати додаткові властивості.

Метою роботи є розроблення та дослідження радіоелектронного блоку керування пристроєм клімат-контролю.

Об'єктом дослідження є процес перетворення радіосигналів в електричні сигнали керування в каскадах радіоелектронного блоку керування пристроєм клімат-контролю.

Предмет дослідження – частотні та часові характеристики електричних сигналів керування радіоелектронного блоку керування пристроєм клімат-контролю.

Для досягнення поставленої мети в бакалаврській кваліфікаційній роботі будуть розв’язані такі задачі:

здійснити аналіз сучасних досягнень у техніці дистанційного керування;

обрати компоненту базу та розробити структурну схему пристрою;

зробити розрахунки структурної схеми пристрою;

здійснити електричні розрахунки каскадів пристрою;

здійснити комп’ютерне схемотехнічне моделювання каскадів пристрою;

виконати розділ безпеки життєдіяльності.

Методи дослідження ґрунтуються на використанні: елементів теорії електричних кіл і сигналів, теорії аналогових електронних пристроїв і аналогової схемотехніки, теорії комп’ютерного моделювання радіотехнічних пристроїв.

Новизна одержаних результатів:

- 1) Отримав подальший розвиток метод бездротової передачі даних,
- 2) Нові схемотехнічні рішення каскадів пристрою з використанням сучасної елементної бази.

Структура і обсяг роботи. Бакалаврська кваліфікаційна робота складається зі вступу, 7 розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ

1.1 Аналіз технічної задачі та варіантів її вирішення

Під час швидкого розвитку радіоелектроніки необхідний сучасний метод проектування, який скорочує кількість часу, необхідного для розрахунків та експериментальних досліджень. Зрештою, технологічний прогрес забезпечує нас щодня новими продуктами. Щоб не відставати від швидкого прогресу радіоелектронної промисловості, методи проектування повинні бути покращені та модифіковані.

Для дипломного проекту було поставлено завдання створити контролер для клімат-контролю, який би керував різними електричними пристроями, які спеціалізуються на опаленні та вентиляції будівель. Пристрій призначений для роботи в приміщеннях, які не мають прямого сонячного або штучного освітлення, в цих приміщеннях відбувається процес життєдіяльності людини.

На рисунку 1.1 зображено діаграму, за допомогою якої можна визначити оптимальний клімат для конкретної людини в її середовищі проживання. Ця діаграма побудована на основі життєдіяльності людини. З малюнка робимо висновок, що оптимальними умовами для життя є відносна вологість повітря 35-75% і температура 17,5-24 °C.

Отже, при наявності пристрою який буде підтримувати температуру та відносну вологість повітря в межах оптимальних норм, вдасться не лише підвищити комфортність перебування людини у різного роду приміщеннях, але й підвищити ефективність використання енергоресурсів підприємств та держави в цілому.

Одним з можливих варіантів розв'язання даної технічної проблеми є розробка та виготовлення блоку керування пристрою клімат-контролю із застосуванням сучасної елементної бази, зокрема напівпровідникових

елементів та мікросхем, як аналогових так і цифрових. Також потрібно враховувати новітні досягнення в галузі техніки і технології, можливі вдосконалення як загальної структури побудови пристрою так і на вдосконалення окремих варіантів функціональних схем блоків сучасних пристроїв.



Рисунок 1.1 – Діаграма для визначення оптимальності клімату з урахуванням температури та відносної вологості

1.2 Уточнення технічних вимог і аналіз способів їх вирішення

Перевагами цих способів вирішення технічних проблем буде значне зменшенні масо-габаритних параметрів приладу, зменшення споживаної потужності, спрощення електричних принципових схем та схем живлення, спрощення виготовлення пристрою та легкість у настройці приладу. Все це являє собою дуже вагоме питання на сучасному етапі розвитку техніки.

Технічні вимоги:

- пристрій повинен мати мінімальну кількість неуніфікованих деталей;

- пристрій повинен мати мінімальні габарити та вагу;
- забороняється використання шкідливих для здоров'я людей і навколишнього середовища технологічних процесів;
- пристрій призначений для експлуатації в побутових умовах.

На сьогоднішній день на ринку радіоелектронної апаратури є багато видів датчиків температури та вологості, у тому числі і з вбудованими перетворювачами. Серед усього різномайття зустрічаються, як аналогові з виходом по напрузі, струму чи частоті, так і цифрові, які можуть на пряму підключатись до мікроконтролера по інтерфейсах I2C, 1-Wire або будь-яких інших. Ці датчики можуть мати різну чутливість, інерційність, точність, вони можуть випускатись у різних корпусах.

Діапазон робочих температур напівпровідникових датчиків складає здебільшого $-50..1500^{\circ}\text{C}$, і рідко доходить до 3000°C , у більшості датчиків відносної вологості діапазон вимірювання перекривається повністю (0-100%) [6].

Основною задачею являється побудова високоякісного та точного блоку, який буде вимірювати вищезгадані параметри та на основі вимірювань керувати системами опалення та вентиляції, тим самим регулюючи мікроклімат середовища.

1.3 Огляд сучасного стану пристроїв вимірювання температури

На підприємствах і в інших організаціях використовуються потужні, точні терморегулятори, що працюють при різних температурах, ці пристрої бувають як високотемпературні, так і низькотемпературні. Виходячи з інформації, їх вартість є високою, а їхні можливості вже зайві в домашніх умовах. Запропонована еволюція призначена для домашнього використання, тому її складність і функціональність повинні бути оптимальними та економічно ефективними.

Сьогодні в систему опалення прийнято встановлювати регулятор опалення, який дозволяє регулювати потік теплоносія, що надходить до

радіатора. Мова йде не тільки про забезпечення комфорту, а й про захист системи, в результаті радіатор може бути відключений, що неможливо в багатьох старих системах опалення.

Термостати використовуються в будь-яких відомих системах водяного опалення для регулювання передачі тепла до нагрівальних приладів і підтримки необхідної температури в приміщенні.

Існують два види терморегуляторів системи опалення – механічні (ручні) і автоматичні. Ручні вентиля відрізняються надійністю і простотою в експлуатації, а використання автоматичних дозволяє економити до 25% грошових коштів, що йдуть на оплату опалення.

З розвитком сучасних технологій радіоелектроніки пристрої на основі напівпровідників майже повністю витіснили механічні терморегулятори і термометри з промисловості їхня точність і функціональність була на порядок вищою за їхніх попередників.

На сучасному етапі ця задача вирішується багатьма способами, з використанням найрізноманітнішої елементної бази, починаючи ще з електронних ламп і транзисторів до використання мікропроцесорів і ЕОМ, що значно розширює їх можливості. Основне технічне завдання полягає у виявленні зміни напруги на чутливому елементі при зміні температури останнього і в подальшій її обробці з використанням різноманітних засобів.

Сучасна елементна база дозволяє фіксувати зміни температури з величезною точністю і швидкістю, що є незаперечною перевагою їх перед механічними пристроями. Основним елементом пристрою являється термодатчик. У якості термодатчика може бути використаний будь який елемент, що реагує на зміну температури навколишнього середовища.

У механічних терморегуляторах такими елементами є різноманітної форми пластини на основі конкретних для даної функції сплавів, чи якісь інші елементи (наприклад рідини), що змінюють свою геометрію під впливом температури. Перевагою такого способу регулювання є висока надійність як датчика так і самого регулятора, а також можливість працювати при високих

температурах. Недолік – датчик дорого коштує і має значні розміри і вагу, що збільшує габарити і має невисоку точність.

Механічні терморегулятори опалювання з латунним корпусом, усередині якого знаходиться шток. Поворот цього штока приводить до збільшення або зменшення прохідного перетину, тим самим регулюючи робочий потік теплоносія. Автоматичні терморегулятори опалювання складаються з двох основних елементів: термостатичного клапана і власне регулятора температури (термостатична головка), який, у свою чергу, складається з рукоятки установки температури і вбудованого або виносного датчика. Зараз на ринку терморегуляторів опалювання переважають термостатичні головки з автоматичним регулятором прямої дії, який не потребують електроживлення.

Існує чотири основні види терморегуляторів опалювання прямої дії, що розрізняються за способом монтажу і управління: термостатичні головки з вбудованим і виносним датчиком, дистанційні регулятори температури з вбудованим і окремо розташованим датчиком.

Іншим видом датчиків є електронні, які змінюють один або декілька електричних параметрів при відповідній дії на них температури. Найчастіше таким параметром є провідність яка зумовлює падіння напруги в електричному колі, що фіксується і обробляється. [2]

Найпоширенішим електронним датчиком, який не є термістором, є напівпровідниковий резистор, цей датчик має властивість значно змінювати свій електричний опір при зміні температури. Вони виготовляються у вигляді циліндрів, трубок, дисків, шайб і кульок. Його розміри коливаються від кількох мікрометрів до кількох сантиметрів. На їх базі створені дистанційні та централізовані системи та пристрої, а також прилади, що мають вимірювання та контроль температури.

Сьогодні цифрові датчики також стають все більш поширеними. Прикладом цього пристрою є DS18B20, який виробляє Dallas Semiconductor, цей пристрій виводить послідовний цифровий код.

Основними перевагами цих датчиків є висока точність, широкий діапазон температур, яких можна досягти, малий розмір і можливість розташувати датчик далеко від самого регулятора, що дозволяє захистити регулятор від температурних змін і таким чином підвищити його надійність і продуктивність.

Недоліком їх є неможливість працювати не екстремальних температурах. Зазвичай їх верхньою межею є температура порядку 100 °C.

Проблему високих і низьких температур вирішують термопари.

Термопари - популярні датчики температури, які часто використовуються в різних системах вимірювання. Однак точне вимірювання температури за допомогою термопар залежить від особливих запобіжних заходів для забезпечення бажаної точності. Термопари використовуються в різноманітних налаштуваннях температури. Наприклад, термопари, що складаються із золота, легованого залізом (другий термоелектрод, як правило, мідь або хромель), охоплюють діапазон температур 4-90 М, на основі міді 70-80 М і на основі хромелю 22-900 М. ЕРС цих термопар зазвичай становить 5-60 мВ. Точність вимірювання температури з їх допомогою зазвичай становить кілька градусів Цельсія, а для деяких термопар вона досягає 0,01 градуса Цельсія. Електрорушійна сила термопари, що складається з напівпровідника, зазвичай вища, ніж у термопари, виготовленої з металу, але ця різниця є значною.

Їх недоліком є досить висока ціна через те, що їх виготовляють зі сплавів які мають в своїй основі кольорові метали. В основі електронних терморегуляторів лежить принцип порівняння напруги датчика з опорною напругою. Різницю напруг обробляють різними способами які мають свої переваги і недоліки. Терморегулятори будують на основі транзисторів, компараторів, операційних підсилювачів і мікропроцесорів.

2 РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ

2.1 Загальна структурна схема

Структура блоку керуванням пристроєм клімат-контролю може залежати від багатьох факторів. Це, насамперед, методи вимірювання температури та вологості повітря у приміщенні та принципи дії датчиків, які перетворюють температуру та відносну вологість у деякий інформативний параметр. Здебільшого цей параметр може бути опором, напругою, ємністю, або іншими аналоговими параметрами. Але, наприклад, для вимірювання різних величин сучасні фірми все частіше випускають датчики у єдиній невеликій конструкції, які передають інформацію про параметр одразу ж в цифровій формі. Вибір датчиків, інших елементів та розробка конкретної структури приведена в подальших пунктах.

Загальна структурна схема контролера клімат-контролю впливає з самого визначення самого пристрою, з дій, які він повинен виконувати. Оскільки цей пристрій повинен кількісно визначати ступінь зміни температури та вологості в повітрі та відповідно до цієї зміни подавати сигнал на пристрій обробки, відбувається наступна процедура: сигнал від датчика має бути проаналізований, за необхідності перетворений у цифрову форму, потім поданий на пристрій обробки, над сигналом будуть виконані певні обчислювальні операції, і буде створено керуючий сигнал. Загальна структурна схема, яка представляє цю послідовність зусиль, зображена на рис. 2.1.

Це лише загальне зображення конструкції пристрою. Його можна визначити, встановивши певні вимоги до типів компонентів і сигналів, які перераховані.

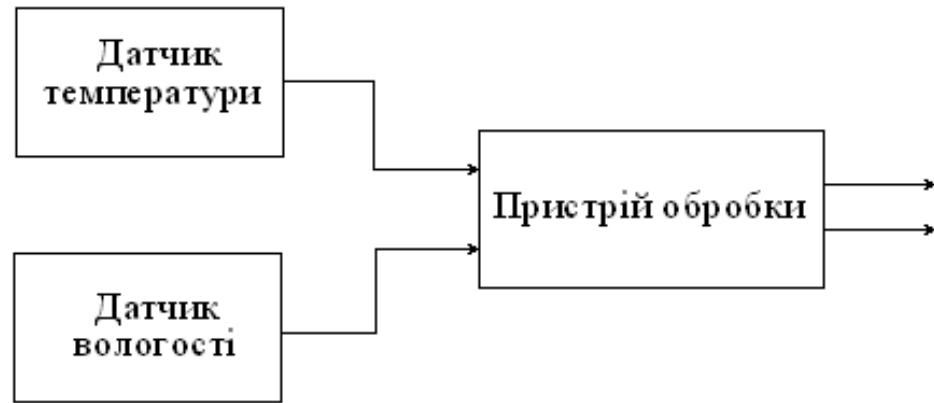


Рисунок 2.1 – Загальна структурна схема

Цей пристрій можливий і в аналоговій версії, але проект присвячений створенню цифрового пристрою, тому ми не розглядаємо варіант аналогової реалізації.

Отож, конкретизуємо загальну структурну схему для вирішення нашої конкретної задачі.

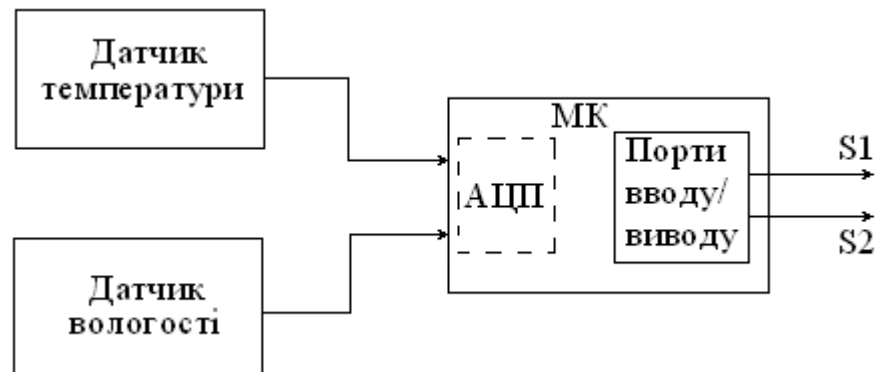


Рисунок 2.2 – Цифровий блок пристрою клімат-контролю:

МК – мікроконтролер; АЦП – аналого-цифровий перетворювач; S1 та S2 – керуючі сигнали

Важливо розуміти, що, як правило, мультиплексор з кількома входами підключається до входу АЦП. Це сприяє розширенню функціональних можливостей приладу і доданню в МК n датчиків, при виконанні програми кожен з цих датчиків буде по черзі забруднений. Блок-схема включає в себе базовий блок і сенсорний блок, які з'єднані однопровідним інтерфейсом.

2.2 Вибір датчика вологості

На сьогоднішній день існує багато фірм-виробників різноманітних радіoeлектронних елементів, в тому числі датчиків вимірювання вологості. Провідне місце серед цих фірм займає компанія Honeywell [8], саме серед величезного асортименту датчиків вологості якої, ми і будемо робити вибір.

Перш за все слід вибрати якими критеріями ми будемо керуватись при виборі сенсора. Точність, взаємозамінність, довговічність, відновлення від конденсату, стійкість до хімічних та фізичних забруднень, розмір, корпус та безперечно ціна. Серед перерахованих критеріїв найважливішими для нас будуть являться точність, довговічність, стійкість до конденсату та ціна. Отож, взявши до уваги усе вище сказане, серед усього спектру можливих конструктивних рішень датчиків(гігрометричні, резистивні, ємнісні, індуктивнісні і т.д.), схилиємось до сенсорів ємнісного типу. Вони мають широкий діапазон вимірювання, гарну стійкість до конденсату, непогану взаємозамінність та невисоку вартість.

Серед усього модельного ряду ємнісних датчиків детальніше зупинимось на двох екземплярах. НСН-1000 та НІН-4000[9], ці датчики являються найбільш цікавими для нас, тому що вони якнайкраще відповідають висунутим критеріям вибору. Вони досить дешеві, та відповідають усім висунутим технічним вимогам.

Дві моделі, вибрані нами, мають однакове конструктивне рішення, щодо вимірювання вологості, а саме чутливого елемента. Однак НІН-4000 на відміну від НСН-1000, являється варіантом з вбудованим інтерфейсом, це, безперечно, можна вважати „плюсом”, так як мікросхема не вимагає додаткових елементів і його можна одразу підключати до мікроконтролера.

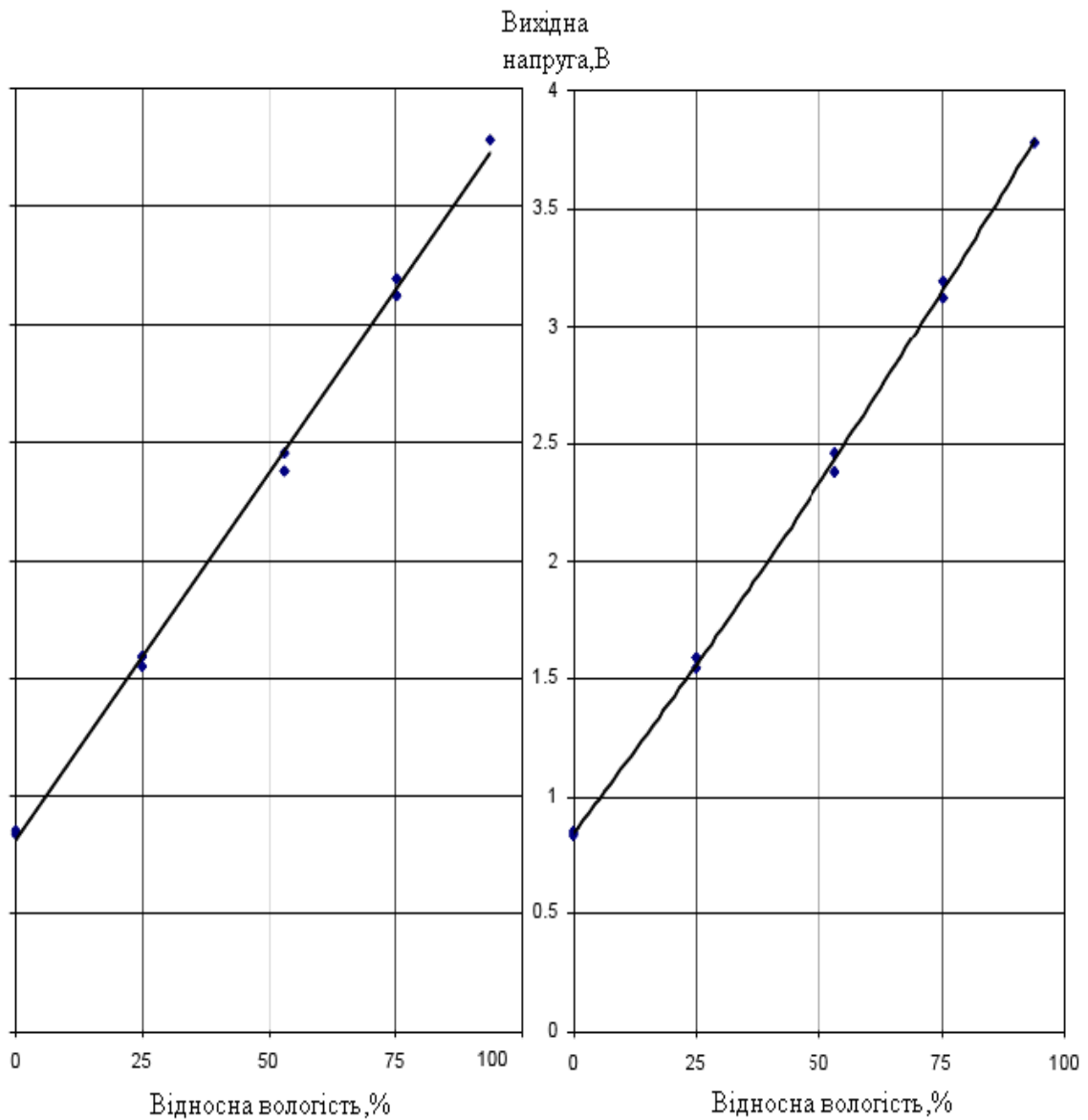


Рисунок 2.2 – Графік залежності вихідної напруги від відносної вологості повітря (НН-4000, перша та друга крива)

Але з іншої сторони це можна вважати і недоліком, оскільки коштує він дорожче, і при виході датчика з ладу, відповідно матеріальних ресурсів на заміну піде більше ніж у варіанті, коли ми застосуємо сенсор НСН-1000 і окремий інтерфейс. В якості інтерфейсу для цього датчику використовується мікросхема 74НС4060[10].

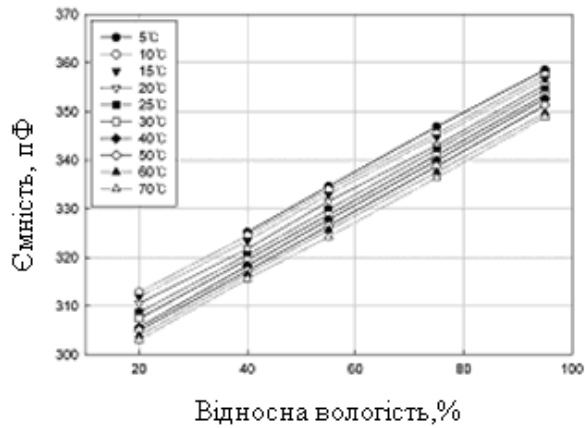


Рисунок 2.3 – Залежність величини ємності від відносної вологості при різних температурах(НСН-1000)

До негативних якостей датчика НСН-1000 слід віднести зміщення графіка залежності ємність-вологість зі зміною температури середовища. Зважаючи на те, що перепад температури в середовищі встановлення датчика буде не великий, це не буде значним недоліком, але все ж таки він збільшить похибку вимірювання, що являється не дуже приємним нюансом.

Що стосується сенсора НІН-4000, то в нього цей недолік усунуто температурною компенсацією.

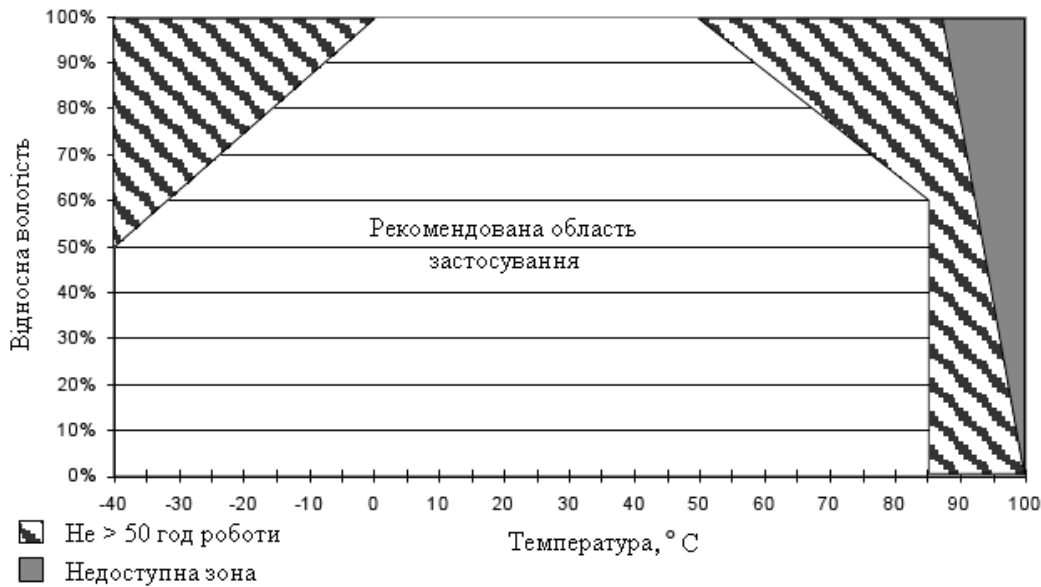


Рисунок 2.4 – Діаграма області застосування сенсора НІН-4000

На рисунку 2.4 зображена область рекомендованих умов застосування датчика НІН-4000, для датчику НСН-1000 в технічній документації дана характеристика не вказана, однак ґрунтуючись на конструктивній тотожності волого-чутливих елементів обох сенсорів, можна вважати її відповідною.

Отже, зваживши усі позитивні та негативні сторони, все ж таки схиляємось до варіанту датчика НІН-4000.

З двох можливих режимів роботи датчика, вибираємо другий. Як видно з таблиці 2.1 та рисунків 2.2-2.5 другий режим являється більш точним та більш надійним, але він ускладнюється формулою обрахунку вихідної напруги.

Таблиця 2.1 – Основні параметри датчика НІН-4000(напруга 5В, температура 25°C)

Параметр	Мінім.знач.	Норм.знач.	Макс.знач.	Один.вимір
Взаємозамінність-1	-	-	-	-
0%-60%	-5	-	5	%RH
60%-100%	-8	-	8	%RH
Взаємозамінність-2	-	+/- 3,5	-	%RH
Точність-1	-	+/- 3,5	-	%RH
Точність-2	-	+/- 2,5	-	%RH
Гістерезис	-	3	-	%RH
Відтворення	-	+/- 0,5	-	%RH
Час встановлення	-	-	70	мс
Час відклику	-	15	-	с
Стабільність-1(50%RH)	-	+/- 1,2(рік)	-	%RH
Стабільність-2(50%RH)	-	+/- 0,5(рік)	-	%RH
Напруга живлення	4	-	5,8	В
Струм споживання	-	-	500	мА
Вихідна напруга-1	$V_{out}=V_{supply}(0.0062(\text{sensor RH})+0.16)$			
Вихідна напруга-2	$V_{out}=0.00003(\text{sensor RH}) + 0.0281(\text{sensor RH})+0.820, 25\text{ }^{\circ}\text{C}$			
Температурна компенсація	$V_{out}=(0.0305+0.000044T-0.0000011T^2)(\text{Sensor RH})+(0.9237-0.0041T+0.000040T^2)$			
Робоча температура	-40	Рис. 2.4	85	°C
Робоча вологість	0	Рис. 2.4	100	%RH
Гранична температура	-40	-	125	°C
Гранична вологість	Рис. 2.5			%RH

2.3 Вибір датчика температури

Одним з найвідоміших виробників датчиків температури є компанія Dallas Semiconductor, про яку згадувалося в попередньому абзаці. Dallas Semiconductor виробляє датчики температури, які видають інформацію про температуру в цифровому форматі, це дуже корисно для використання. Ці датчики можна підключати до мікроконтролера, сигнали від них не потребують додаткової обробки.

Деякі мікросхеми живляться безпосередньо від інформаційної шини, вибрано це шина 1-Wire. Ця мікросхема є датчиком DS18B20, який має виняткову технологічну майстерність і не надто дорогий.

Отримання електроенергії від самої інформаційної системи називається «паразитним джерелом живлення». Під час роботи по шині завжди передається періодичний сигнал. У точках, де напруга на шині дорівнює 1, діод, що випрямляє живлення, відкривається, і накопичувальний конденсатор заряджається через обмежувальний резистор, який перешкоджає протіканню струму. Ємність конденсатора невелика (близько 800 пФ). Однак поточне споживання CMOS також зменшується. У результаті ємності конденсатора достатньо для живлення мікросхеми під час перерв між стимуляціями.

Однак паразитне джерело живлення підходить не у всіх випадках. Кілька операцій неможливо виконати з низьким споживанням енергії. Наприклад, процедура перетворення температури в код потребує повного, а не паразитного джерела живлення. Для цього сценарію протокол 1-Wire додає третій спеціальний режим живлення. Цей режим живлення виключає паразитний режим живлення.

Основна концепція полягає в тому, щоб дати тій самій шині однакову потужність у будь-який момент часу. У ці періоди дії веденого контуру є особливо енергоємними. У цьому випадку повна потужність, наявна на шині, не може передати інформацію. Датчик температури DS18B20 має три

електроди: DO - протокол 1-Wire для введення і виведення даних; VDD - зовнішнє джерело живлення, GND - загальний провід. Внутрішній склад мікросхеми DS18B20 показаний на малюнку 2.6. Сигнал від шини DO та напруга від зовнішнього джерела живлення (VDD) спочатку надходить до паразитного ланцюга живлення. До паразитного ланцюга живлення додається один додатковий компонент. Це датчик потужності. Датчик - це компонент, який отримує напругу від окремого джерела. Датчик видає логічний сигнал, який надсилається в схему керування. Таким чином, мікросхема має можливість автоматично вибрати режим живлення.

Мікроконтролер, який виконує роль головного пристрою на цій шині, може запитувати інформацію про режим живлення всіх датчиків, підключених до нього, і на основі цієї інформації регулюватиме свій алгоритм.

Забезпечивши паразитне джерело живлення напругою, сигнал DO надсилається на порт 1-Wire, який є апаратною частиною однопровідного інтерфейсу. Інформація, отримана через цей інтерфейс, вводиться в пам'ять блокнота. Пам'ять блокнота призначена для тимчасового зберігання інформації про датчик температури та три додаткові регістри: регістр верхньої межі (Tn), регістр нижньої межі (TL) і регістр конфігурації. Усі спеціальні регістри складаються з трьох флеш-комірок для зберігання інформації (EEPROM).

З цією пам'яттю також пов'язаний обчислювач контрольної суми. Цей калькулятор автоматично обчислює контрольну суму всіх адрес пам'яті. При зчитуванні інформації з пам'яті ноутбука також зчитується контрольна сума, яка використовується для перевірки законності зчитаної інформації. Використання цієї пам'яті сприяє підвищенню достовірності інформації. Інформація ніколи не записується безпосередньо в комірки флеш-пам'яті (регістри Tn і TL, а також регістр конфігурації). Він розташований попереду в пам'яті блокнота. Потім мікроконтролер зчитує інформацію звідти і перевіряє контрольну суму. Якщо результат перевірки позитивний,

мікроконтролер надішле по шині спеціальне повідомлення «скопіювати пам'ять ноутбука в EEPROM».

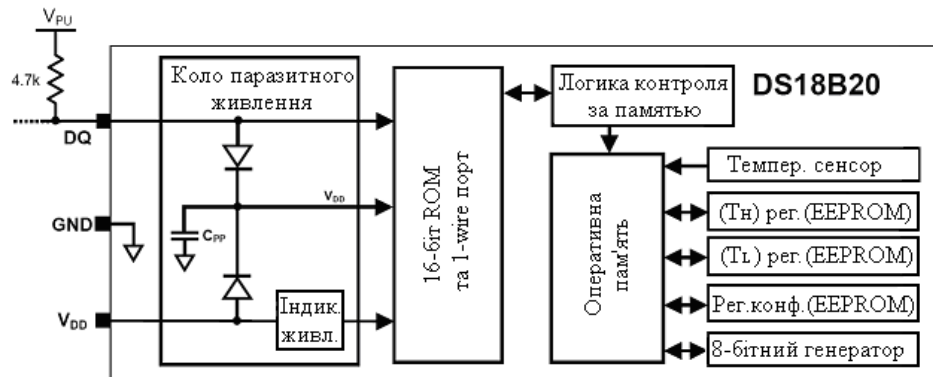


Рисунок 2.6 – Внутрішня структура мікросхеми DS18B20

Рисунок 2.7 ілюструє конфігурацію пам'яті мікропроцесора DS18B20. Пам'ять складається з восьми карт пам'яті ноутбука та трьох електронних карт пам'яті. Процедура запису та читання пам'яті блокується виконується одночасно для всіх його регістрів. Під час запису всі вісім регістрів блокується для пам'яті записуються в один блок із восьми байтів. Так само знання накопичуються в одному томі. Найвища температура записується як Tn. Нижня межа температури записується в журналі TL. Ці регістри використовуються для визначення того, чи виміряна температура перевищує встановлений діапазон. Якщо механізм обмеження температури не потрібен, регістри Tn і TL можуть бути доповнені додатковими елементами незалежного зберігання і в них можуть зберігатися будь-які дані. Наприклад, ви можете написати код розташування датчика, специфічний для цього місця. Регістр конфігурації використовується для зміни кількості цифр у конфігурації вимірювача температури. Після завершення процесу перетворення температурні регістри вже мають пряме вимірювання температури в двійковій формі. Регістр температури - це подвійний регістр пам'яті ноутбука. Біти з 11-го по 15-й (позначені літерою S) мають таке ж значення. Він ідентичний знаку записаного числа (0 +, 1 -). Додатні значення температури записуються прямим кодом, а негативні — додатковим. У

таблиці 2.2 наведено приклади кодів перетворення, пов'язаних із температурою.

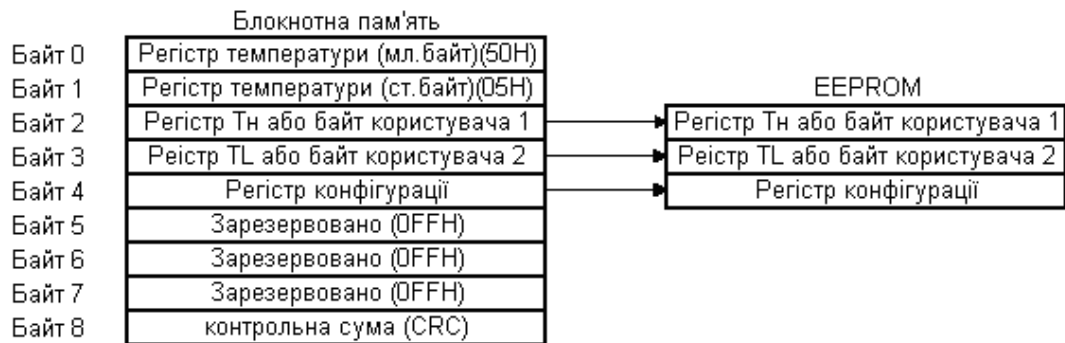


Рисунок 2.7 – Структура пам'яті мікросхеми DS18B20

Таблиця 2.2 – Перетворення температури в код

Температура	Цифровий вихід (двійковий)	Цифровий вихід (hex)
+125°C	0000 0111 1101 0000	07D0h
+85°C*	0000 0101 0101 0000	0550h
+25.0625°C	0000 0001 1001 0001	0191h
+10.125°C	0000 0000 1010 0010	00A2h
+0.5°C	0000 0000 0000 1000	0008h
0°C	0000 0000 0000 0000	0000h
-0.5°C	1111 1111 1111 1000	FFF8h
-10.125°C	1111 1111 0101 1110	FF5Eh
-25.0625°C	1111 1110 0110 1111	FE6Fh
-55°C	1111 1100 1001 0000	FC90h

У таблиці 2.3 приведений повний список команд I-Wire інтерфейсу мікросхеми DS18B20.

Таблиця 2.3 – Система команд мікросхеми DS18B20

Команда	Опис
Команди мережного рівня	
0F0h	Пошук ПЗП
33h	Читання ПЗП
55h	Співпадання ПЗП
0CCh	Пропуск ПЗП
0ECh	Пошук переривання
Команди транспортного рівня	
4Eh	Запис блокнотної пам'яті
0BEh	Читання блокнотної пам'яті
0B4h	Читання режиму живлення
0B8h	Читання з EEPROM в блокнотну пам'ять
48h	Копіювання блокнотної пам'яті в EEPROM
44h	Запуск процесу перетворення

Схема на основі мікропроцесора DS18B20, яка перемикається на зовнішнє джерело живлення, зображена на малюнку 2.8. Кожна мікросхема живиться зовнішнім живленням через висновок VDD. Якщо датчик температури розташований далеко від мікроконтролера, то використання такого типу схеми не дуже вигідно, для живлення датчика доведеться використовувати інший (третій) провід.

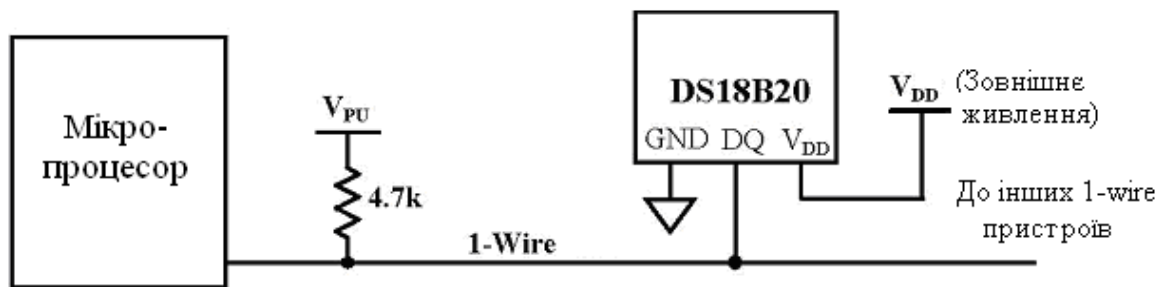


Рисунок 2.8 – Схема включення термодатчика в режимі зовнішнього живлення

Для ініціювання мікросхеми доступний інший спосіб. У цьому методі перемикання використовуються два різних режими живлення. Для переходу між режимами використовується комп'ютеризований електронний ключ під назвою K1. Ключ живиться від мікроконтролера, який використовує окрему лінію для введення та виведення. Ця схема полегшує програмний перехід від одного режиму живлення до іншого. Основним режимом роботи схеми є паразитний режим живлення. У цьому режимі клавіша K1 неактивна, а напруга на шині отримується від навантажувального резистора R1, це дозволяє передавати інформацію по шині за допомогою протоколу I-Wire. Для використання паразитного живлення контакти «земля» і «живлення» з'єднані. У відповідний час клавіша K1 відпускається, і шина живиться від джерела ЦП. Живлення доступне лише протягом обмеженого періоду часу, протягом якого активна енергоємна команда. Поки первинний ключ все ще доступний, передача інформації по шині неможлива. Мікроконтролер утримуватиме шину в цьому стані протягом передбаченого часу, після чого вимкне ключ K1.

Шина повертається до початкової роботи, і дані можуть бути передані знову.

Важливо, щоб мікросхема DS18B20 функціонувала за призначенням у паразитному режимі живлення, з'єднуючи разом контакти VDD і GND і підключаючи обидва ці контакти до загального проводу.

Четвертий байт пам'яті - це регістр конфігурації, який зображено на малюнку 2.9. Користувач може керувати роздільною здатністю перетворення DS18B20 за допомогою бітів R0 і R1 у цьому регістрі, як показано в таблиці 2.4. Стандартне значення стану ввімкнення живлення для цих бітів R0 = 1 і R1 = 1 (12-бітна роздільна здатність). Важливо визнати, що існує прямий зв'язок між роздільною здатністю та часом перетворення. 7-й біт у регістрі конфігурації зарезервований для внутрішнього використання пристроєм і не може бути змінений користувачем. Під час читання цей біт поверне 1.

bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
0	R1	R0	1	1	1	1	1

Рисунок 2.9 – Регістр конфігурації DS18B20

Таблиця 2.4 – Конфігурація роздільної здатності DS18B20

R1	R0	Роздільна здатність	Максимальний час конвертації	
0	0	9-bit	93.75 мс	(tCONV/8)
0	1	10-bit	187.5 мс	(tCONV/4)
1	0	11-bit	375 мс	(tCONV/2)
1	1	12-bit	750 мс	(tCONV)

У системі шини 1-Wire використовується один головний пристрій для керування одним або декількома керованими пристроями. DS18B20 завжди використовується як підлеглий. Коли на шині є лише один підлеглий,

система називається «однокрапковою»; коли є кілька підлеглих, система називається «багатоточковою».

Молодший біт відповідає за збереження всієї інформації та команд. Однопровідна шина з 1 лінією даних називається шиною 1-Wire. Кожен пристрій (головний або підлеглий) взаємодіє з шиною даних через пристрої, відкриті для загального доступу або порт із трьома станами. Це полегшує можливість кожного пристрою відключати лінію передачі даних, коли він не надсилає дані, таким чином роблячи шину доступною для використання іншим пристроєм. Якщо потрібно припинити передачу даних, шина має бути неактивною. Потужність відновлюється між передачами бітів, поки шина все ще висока.

Якщо шина знижується протягом більшого періоду часу, ніж 480 мкс, усі компоненти на шині будуть переналаштовані (повторно ініціалізовані).

До DS18B20 можна дістатися в такій послідовності:

1 ініціалізації;

2 команди для римлян (одна з яких супроводжується обміном даними, необхідними для передачі іншої);

Функціональна команда 3DS18B20 також супроводжується необхідним обміном даними.

Дуже важливо дотримуватися цієї послідовності щоразу, коли здійснюється доступ до DS18B20, датчик не реагує на це, якщо будь-які кроки в послідовності відсутні або неправильно узгоджені.

2.4 Вибір інтерфейсу обміну даними для датчика температури

Нещодавно інтерфейс 1-Wire від Dallas Semiconductor був використаний для передачі інформації на відстані до 300 м. Саме кабель 1-Wire допоможе створити наш пристрій.

Головний і підлеглий пристрої з'єднані через однопровідну шину 1-Wire, як показано на рис. 2.10. На рис. 2.10 також описані атрибути

схемотехніки вихідних каскадів головного та підлеглого компонентів. Крім того, як видно з рисунка 2.11, схема інтерфейсу 1-Wire використовує каскади, які мають відкритий сток і спільне навантаження між усіма компонентами мережі. Вимоги до інтерфейсу 1-Wire включають установку резистора біля веденого пристрою.

У вихідному каскаді веденого пристрою однополярний транзистор демонструється як умовно активний. Існують пристрої на основі КМОП-транзисторів. У режимі очікування всі вихідні пристрої неактивні. Розглядається напруга за адресою логічного блоку. Інформація про автобус передається за допомогою негативних хвиль. Будь-який пристрій, підключений до шини, може створювати негативні сигнали і таким чином передавати інформацію. Однак підлеглий пристрій починає процес передачі тільки після отримання управління від головного пристрою.

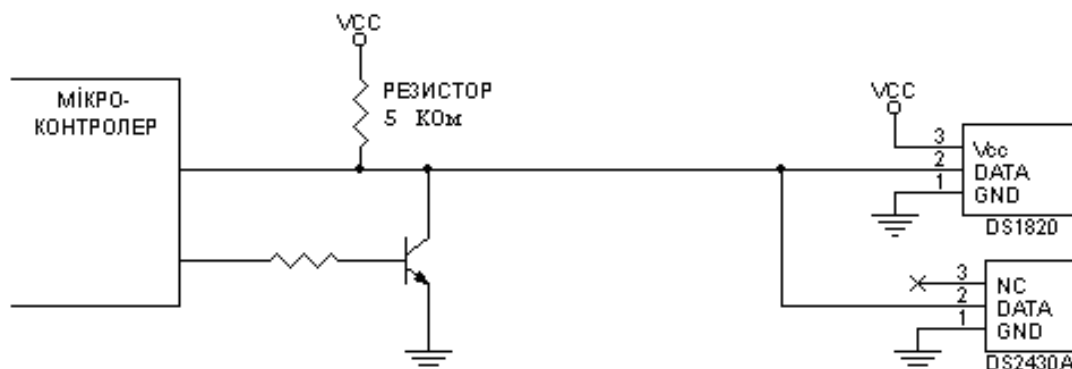


Рисунок 2.10 – Електрична схема мережі MicroLAN

Розглянемо додаткові компоненти в цьому пристрої докладніше. Спочатку це вбудоване джерело живлення. Це викликає внутрішній потік на вході інтерфейсу 1-Wire. Метою витoku є створення нульової напруги на внутрішніх компонентах відомого пристрою, коли він підключений до шини 1-Wire. Коли зв'язок відновлюється, внутрішня логіка відомої мікросхеми розпізнає зниження напруги з 0 до 1. Одразу після цього сигналу відома мікроланцюг має передати повідомлення про присутність на шину 1-Wire.

Розпізнавши сигнал на лінії зв'язку, ведений пристрій може виконати процедуру виявлення нових пристроїв. Як наслідок, шина 1-Wire дозволяє легко підключати та від'єднувати різні пристрої без негативного впливу на її роботу.'

Іншим унікальним компонентом схеми інтерфейсу відомого на даний момент пристрою є паразитна схема живлення. Ця схема містить накопичувальний конденсатор (Snac), резистор, який обмежує потік струму (Rorp), і діод, який випрямляє напругу (Dvup). Усі ці компоненти включені в режим паразитного живлення. Кожна мікросхема, призначена для використання інтерфейсу 1-Wire, має два режими живлення. Типовим є перший режим. У цьому режимі живлення передається на певні мікропростірні контакти на мікросхемі. Серед розглянутих схем шина 1-Ware управляється мікроконтролером.

2.5 Вибір та обґрунтування мікроконтролера

Сьогодні кілька компаній спеціалізуються на створенні та виробництві однокристальних комп'ютерів з 8-розрядною операційною системою. Ці спеціалізації з'явилися на ринку. Визнаними лідерами серед різноманіття різновидів мікроконтролерів є Z86 від Zilog, MC 68 (Motorola), PIC 16/17 (Microchip) і AVR (Atmel). Інші мікроконтролери серій ST62 (Thomson) і COP800 (National) мають аналогічну продуктивність і використовуються, але не так часто, як останній.

З усього списку мікроконтролерів розробниками найчастіше використовуються PIC 16/17 (Microchip) і AVR (Atmel). Ці дві колекції мають найкраще співвідношення ціни та якості, і саме з них ми виберемо мікроконтролер для пристрою, який розробляємо. Багато розробників сперечаються про те, яка серія все ж краща, але однозначної відповіді на це питання немає. Наш вибір зазвичай базується на досвіді роботи з мікроконтролерами однієї з серій.

Вибираємо мікроконтролер AVR від розробника Atmel. Зокрема, ми вибрали модель ATmega8.

Чіпсет ATmega8 — це високотехнологічний і недорогий 8-розрядний мікроконтролер CMOS, розроблений для роботи в розширеній архітектурі RISC. Одна інструкція за тактовий період, це має продуктивність приблизно 1 MIPS на МГц, що дозволяє розробникам створювати структури, ефективні з точки зору потужності та швидкості. Ядро AVR походить від розширеної архітектури RISC, ця комбінація має розширений набір інструкцій і 32 додаткових реєстри загального призначення. Усі 32 реєстри безпосередньо пов'язані з арифметико-логічним пристроєм, що забезпечує доступ до будь-яких двох реєстрів за один обчислювальний цикл.

На рис. 2.11 показано мікроконтролер ATmega8 у трьох корпусах різних конструкцій.

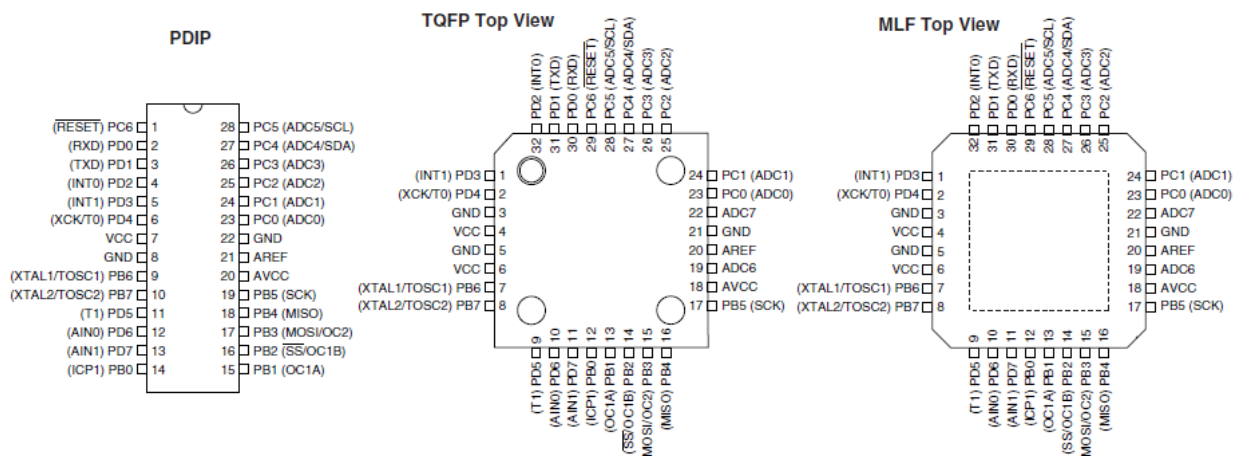


Рисунок 2.11 – Варіанти конструкції мікросхеми ATmega8

В даній роботі використовується PDIP варіант.

Мікроконтролер має наступні характеристики:

- тактова частота 0-16МГц;
- ОЗУ – 512 байт;
- ПЗУ – 1 Кбайт;
- USART – 1;

Таймери:

- 8 біт з подільником та компаратором;
- 16 біт з подільником, компаратором та ШІМ модулятором;

Напруга живлення – 4.5-5.5В

Струм споживання:

- робочий режим – 3.6мА;
- режим очікування – 1мА;
- режим power-down – 1мкА;

3 ЕЛЕКТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПРИСТРОЮ

3.1 Електричний розрахунок опорного генератора

Опорним генератором пристрою буде виконаний на інтегральній мікросхемі АТmega8 вбудований генератор із зовнішнім кварцовим резонатором, що розрахований на частоту резонансу кварцового резонатора. На рисунку 3.1 показана електрична схема опорного генератора.

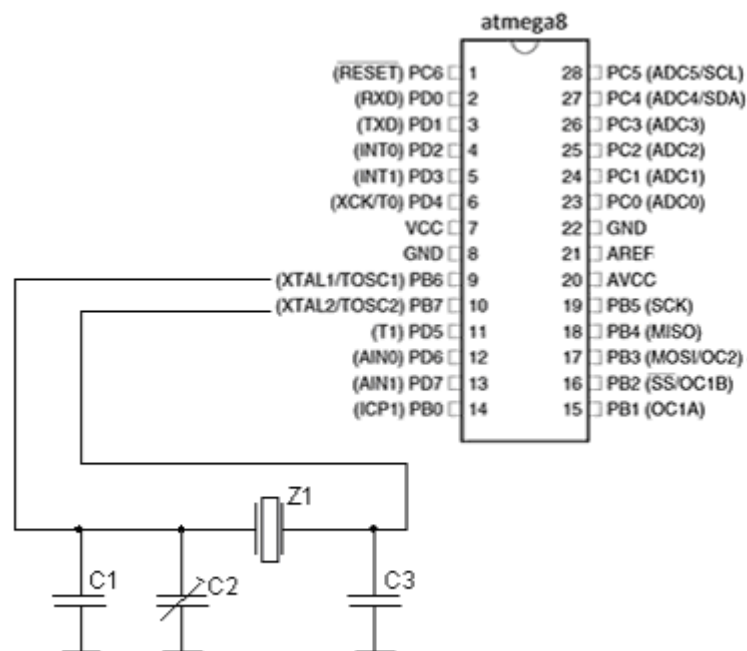


Рисунок 3.1 – Електрична схема опорного генератора

Кварцовий резонатор типу КХ-49, що використовується в схемі, має частоту генерації 3,6864МГц[15]. Параметри ємностей розраховуємо за формулою

$$F = \frac{1}{2\pi \sqrt{\frac{L_{кв} \cdot C1 \cdot C2}{C1 + C2}}} \quad (3.1)$$

За допомогою довідника обираємо індуктивність кварцового резонатора, що дорівнює 150мкГн.

Співвідношення ємності конденсаторів C_1 та C_3 для стійкого режиму генерації повинно бути у межах 1,5...3.

Таким чином, якщо C_3 прийняти 22нФ , тоді ємність C_1 буде

$$C_1 = \frac{22 \cdot 10^{-12}}{(3,6864 \cdot 10^6)^2 \cdot 4 \cdot 3,14^2 \cdot 0,15 \cdot 10^{-3} \cdot 18 \cdot 10^{-12} - 1} \approx 35 (\text{нФ}).$$

Для зручності величину ємності конденсатора C_1 обираємо рівною ємності C_3 , а для точного встановлення частоти генерації паралельно до конденсатора C_1 підключимо підстроювальний конденсатор C_2 . Із довідника обираємо типи конденсаторів: C_1 та C_3 типу К10-196-М33-22нФ; C_2 типу КТ4-25 6...25нФ[16].

3.2 Електричний розрахунок випрямляча та ємнісного фільтра

Вихідні дані для електричного розрахунку:

- величина постійної напруги живлення $U_o = 20\text{В}$;
- величина постійного струму $I_o = 15\text{А}$;
- величина амплітуди напруги мережі живлення $U_m = 220\text{В}$;
- частота мережі змінного струму $F_m = 50\text{Гц}$;
- кількість на півперіодів $m = 2$.

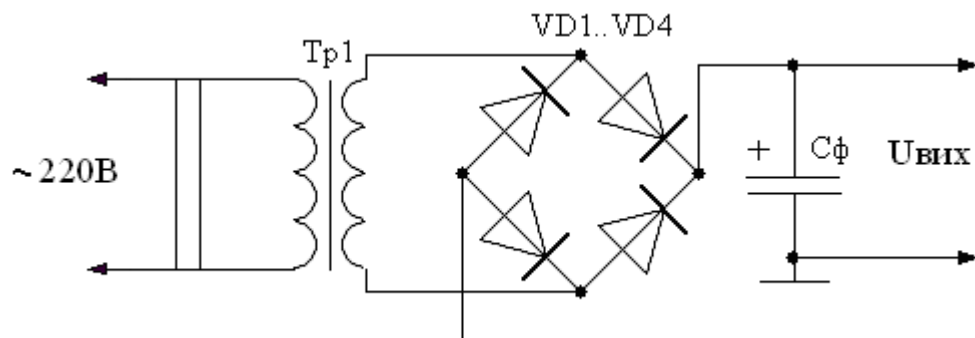


Рисунок 3.5 – Схема електрична принципова діодного моста

Знайдемо зворотну напругу на діоді

$$U_{зв. \max} = 1,57 \cdot U_B, \quad (3.2)$$

$$U_{зв. \max} = 1,57 \cdot 20 = 31,4 (B).$$

Знайдемо струм, який протікає через один діод

$$I_{сер} = 0,5 I_o, \quad (3.3)$$

$$I_{сер} = 0,5 \cdot 15 = 7,5 (A).$$

Із довідника вибираємо діодний міст КЦ402И[17]. Його дані:

- допустимий прямий струм $I_{дон} = 10 A$ (без тепловідвода);
- допустима зворотня напруга $U_{звор. дон} = 800 B$;
- пряма напруга $U_{np} = 1 B$.

З даних видно, що ні по одному з параметрів у вибраного діода не досягається критичний режим. Обраний діодний міст потребує радіатора площею 196 см^2 . В мостовій схемі використовується чотири діоди.

Обрахуємо диференціальний опір одного діода

$$r_T \approx 1,2 \frac{U_{np}}{I_{np. дон}}, \quad (3.4)$$

$$r_T = 1,2 \frac{1}{10} = 0,12 (Ом).$$

Диференціальний опір плеча буде в двічі більший, оскільки в одне плече мосту послідовно ввімкнено 2 діоди. Опір плеча моста $r_n = 0,24 Ом$.

Розрахуємо випрямлену напругу холостого ходу

$$U_{о.хх} = U_e \cdot 1,41, \quad (3.5)$$

$$U_{о.хх} = 20 \cdot 1,41 = 28,2 (B).$$

Як видно з обрахунків, діоди за зворотною напругою вибрані вірно.

Внутрішній опір випрямляча буде розраховуватись виразом

$$r_o \approx \frac{(U_{o.xx} - U_{\epsilon})}{I_o}, \quad (3.5)$$

$$r_o = \frac{28.2 - 20}{1.2} = 6.8 \text{ (Ом)}.$$

Коефіцієнт корисної дії випрямляча рівний

$$\eta = \frac{P_o}{P_o + P_{VD}} \cdot 100 \%, \quad (3.6)$$

$$\eta = \frac{300}{300 + 30} \cdot 100\% = 91 \%.$$

Втрати потужності в діоді знаходимо з формули

$$P_{VD} = I_o \cdot U_{np} \cdot N, \quad (3.7)$$

де N – кількість діодів у плечі, тоді

$$P_{VD} = 15 \cdot 1 \cdot 2 = 30 \text{ (Вт)}.$$

Споживана потужність визначається з виразу

$$P_o = U_o \cdot I_o, \quad (3.8)$$

$$P_o = 20 \cdot 15 = 300 \text{ (Вт)}.$$

Знайдемо опір навантаження

$$R_{\eta} = \frac{U_o}{I_o}, \quad (3.9)$$

підставивши значення маємо

$$R_{\eta} = \frac{20}{15} \approx 1.3 \text{ (Ом)}.$$

Обрахуємо потужність навантаження за формулою

$$P_o = U_o \cdot I_o, \quad (3.10)$$

в числовому значенні це складе

$$P_o = 20 \cdot 15 = 300 \text{ (Вт)}.$$

Із результатів розрахунків видно, що також можна було обрати й індуктивний фільтр. Проте, оскільки немає високих вимог до коефіцієнта пульсацій, а струм величиною 15 А буде протікати в колі лише при зарядному струмі 5 А (при меншому зарядному струмі ніж струм у колі), тоді струм навантаження також буде меншим. Це призведе до збільшення коефіцієнта пульсацій, а тому доцільно обирати саме ємнісний фільтр.

Оскільки ми обрали мостову схему випрямляча з ємнісним фільтром, тому $k_{н\text{ вх}}=0,67$, $m=2$, а характер навантаження буде виключно ємнісним.

Обчислимо величину активного опора трансформатора

$$r_{mp} = k_r \frac{R_n}{f_m \cdot B_m} \sqrt[4]{\frac{S \cdot f_m \cdot B_m}{I_o \cdot U_o}}, \quad (3.11)$$

$$r_{mp} = 3,5 \frac{1,3}{50 \cdot 1,25} \sqrt[4]{\frac{1 \cdot 50 \cdot 1,25}{15 \cdot 20}} = 0,07 \text{ (Ом)}.$$

Обчислимо величину чисельного значення індуктивності розсіювання обмоток трансформатора

$$L_s = k_L \frac{R_n}{f_m \cdot B_m} \sqrt[4]{\frac{S^3 \cdot U_o \cdot I_o}{f_m \cdot B_m}}, \quad (3.12)$$

$$L_s = 5 \cdot 10^{-3} \frac{1,3}{50 \cdot 1,25} \sqrt[4]{\frac{1^3 \cdot 20 \cdot 15}{50 \cdot 1,25}} = 0,16 \text{ (мГн)}.$$

Тоді величина чисельного значення реактивного опору трансформатора буде дорівнювати

$$X_{mp} = 2 \cdot \pi \cdot f_m \cdot L_s, \quad (3.13)$$

$$X_{mp} = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,16 \cdot 10^{-3} = 0,06 \text{ (Ом)}.$$

Обчислимо величину опору фази

$$r_\phi = r_{mp} + r_n, \quad (3.14)$$

де r_{mp} – це опір трансформатора (оскільки здійснюється випрямлення мережевої напруга побутового струму безпосередньо, а трансформатор буде відсутнім, тому його опір приймаємо рівним нулю);

r_n – це опір плеча (був визначений при розрахунку випрямляча).

$$r_\phi = 0,06 + 0,24 = 0,3 \text{ (Ом)}.$$

Обчислимо величину параметру A за співвідношенням

$$A = \frac{I_o \cdot \pi \cdot r_\phi}{m \cdot U_o}, \quad (3.15)$$

$$A = \frac{15 \cdot 3,14 \cdot 0,3}{2 \cdot 20} = 0,35.$$

Прийmemo величину коефіцієнта H рівною 50, тоді чисельне значення ємності конденсатора C_o буде

$$C_o = \frac{H}{k_n \cdot r_\phi}, \quad (3.16)$$

$$C_o = \frac{50}{0,1 \cdot 0,3} = 1667 \text{ (мкФ)}.$$

Обираємо по довіднику конденсатор із найближчим значенням ємності, що становить 2200 мкФ . Тоді величина коефіцієнта пульсацій буде

$$k_n = \frac{H}{C_o \cdot r_\phi}, \quad (3.17)$$

$$k_n = \frac{50}{2200 \cdot 0,3} = 0,076.$$

Як видно з результатів обрахунків, отриманий коефіцієнт пульсацій менший за заданий. А це свідчить про правильне обрання конденсатора.

При холостому ході випрямляча конденсатор буде заряджатися до величини амплітудного значення, що дорівнює

$$U_{Cm} = U_2 \cdot \sqrt{2}, \quad (3.18)$$

$$U_{Cm} = 20 \cdot \sqrt{2} = 28,3 \text{ (В)}.$$

Потрібно обирати конденсатор із робочою напругою яка більше за $28,3 \text{ В}$. Із ряду значень стандартних ємностей ми обрали конденсатор типу К50-16[16] з величиною ємності 2200 мкФ та робочою напругою 50 В .

3.3 Електричний розрахунок стабілізатора напруги

Як стабілізатор напруги ми обираємо інтегральну мікросхему компенсаційного стабілізатора А7812С.

Вхідні дані для розрахунку:

- значення максимального рівня вхідної напруги $U_{BXmax} = 31,4 \text{ В}$;
- значення мінімального рівня вхідної напруги $U_{BXmin} = 11,5 \text{ В}$;
- значення вихідної напруги після стабілізатора $U_{ВНХ} = 9 \text{ В}$;
- значення споживаної потужності $P_{спож} = 9 \text{ Вт}$;
- значення коефіцієнті пульсацій стабілізованої напруги – $0,5\%$.

Для обчислення вибираємо мінімальні значення параметрів елементів схеми при входній напрузі $U_{BX} = 20B$.

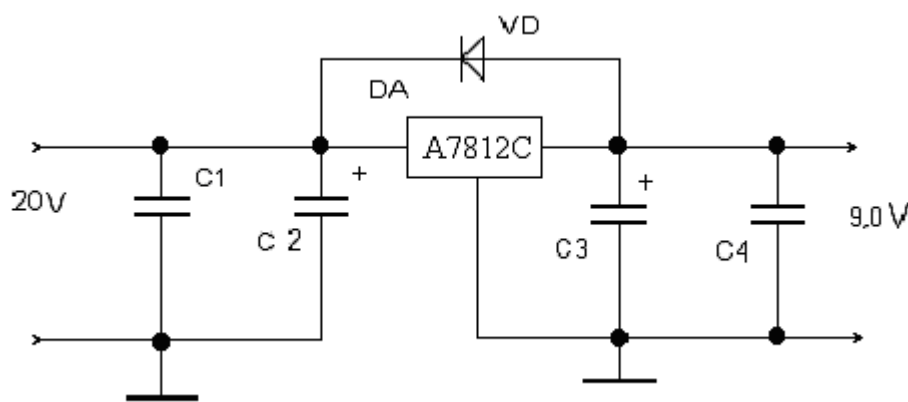


Рисунок 3.7 – Схема стабілізатора напруги

Ємності конденсаторів C_1 та C_2 визначаються виразом

$$C_1 = C_2 = \frac{1}{2\pi f_B}, \quad (3.19)$$

де f_B – частота биття для діодного моста,

$$f_B = 2f_{мережі} = 2 \cdot 50 = 100(Гц),$$

$$C_1 = C_2 = \frac{1}{2 \cdot 3.14 \cdot 100} = 1592(мкФ).$$

З ряду стандартних ємностей вибираємо конденсатори C_1, C_2 типу K50 – 6 – 2000 мкФ – 25В ± 10% [16].

Конденсатором забезпечується стійка робота мікросхеми. При $U_{ВИХ} > 5$ В ємності C_3 та C_4 можуть мати значення : $C_3 \geq 100 нФ$; $C_4 \geq 1 мкФ$.

Якщо струм навантаження більше 100 мА мікросхему A7812C [18] необхідно встановити на радіатор.

Вибираємо типи елементів схеми:

$C_1 C_2$ – K50 – 6 – 2000 мкФ – 25В ± 10%;

C_3 – K50 – 6 – 1 мкФ – 25 В ± 10%;

$C_4 - K10 - 0,01 \text{ мкФ} - 50 \text{ В} \pm 5\%[16];$

$VD_1 - \text{КД } 105\text{А}[17].$

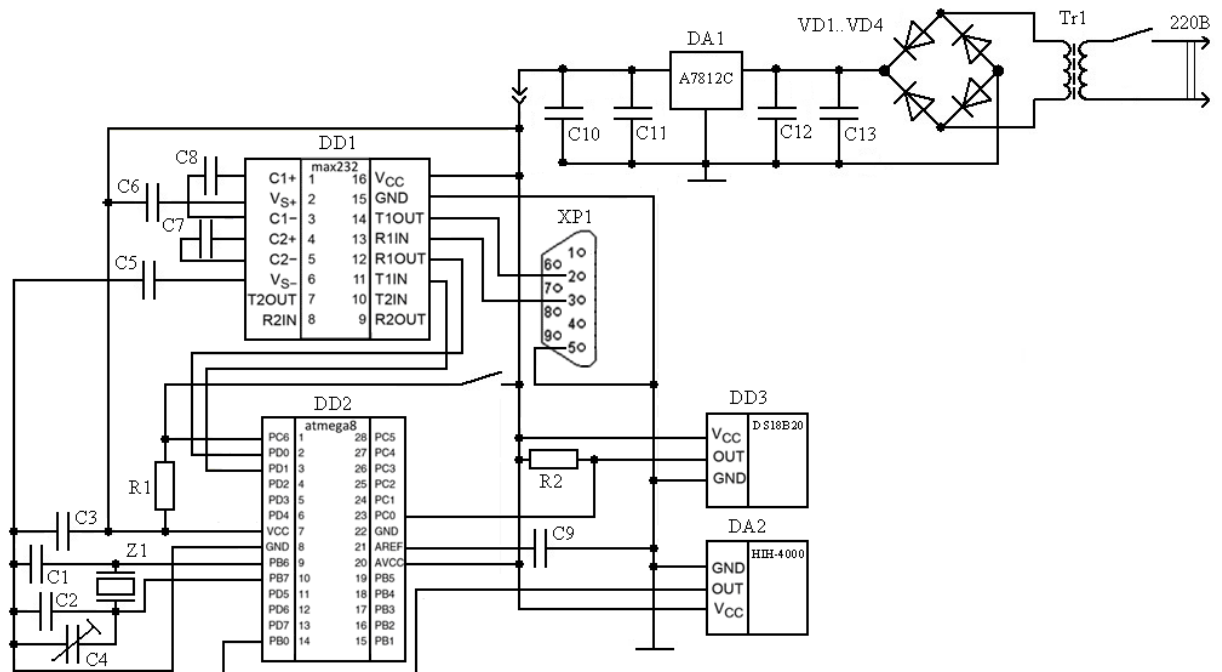


Рисунок 3.8 – Схема електрична принципова радіоелектронного блоку керування пристроєм клімат-контролю

4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1 Розробка блок-схеми програми

Мова програмування Сі являється універсальною мовою програмування високого рівня, яка містить команди низького рівня, подібно до мови асемблера. Програма на мові Сі може бути скомпільована в машинні коди майже для всіх типів процесорів.

Мова програмування Сі широко розповсюдилась і стала, на сьогоднішній день найбільш популярною мовою прикладного і системного програмування, все це завдячуючи тому, що в ній вдало поєднано лаконічність конструкцій і багатство виразних можливостей. Можна навіть сказати, що Сі став фундаментом, на якому будується сучасне програмування (рис. 4.1).

4.2 Розробка коду на мові програмування Сі

```
#include <avr/io.h>
#include <string.h>
#define F_CPU 3686400
#include <util/delay.h>
#include <stdlib.h>
#include <avr/interrupt.h>
#define BAUD 115200
#define MYUBRR F_CPU/16/BAUD-1

void initalize_USART( unsigned int ubrr){
    UBRRH = (unsigned char)(ubrr>>8);
    UBRL = (unsigned char)ubrr;
    UCSRB = (1<<RXEN)|(1<<TXEN);
    UCSRC = (1<<URSEL)|(0<<USBS)|(3<<UCSZ0);
```



Рисунок 4.1 – Блок-схема алгоритму роботи пристрою

```

void send_byte(unsigned char byt){
    while (!(UCSRA & (1<<UDRE)));
        UDR = byt;
}

```

```

void send_string(char * str) {
    while(*str) {
        send_byte(*str++);
    }
}

```

```

unsigned char read_byte(void) {
    while(!(UCSRA & (1<<RXC)));
    return UDR;
}

```

```

void inititalize_ADC( void ){
    ADMUX=(1<<REFS0);
    ADCSRA=(1<<ADEN)|(7<<ADPS0);
}

```

```

int read_ADC(char ch){
    int n, av=64;
    unsigned int average_adc = 0;
    ADMUX |= (ch & 0x07);
    for(n=0; n<av; n++){
        ADCSRA |= (1<<ADSC);
        while( !(ADCSRA & (1<<ADIF)) );
        ADCSRA |= (1<<ADIF);
    }
}

```

```

        average_adc += ADC;
    }
    average_adc /= av;
    return (int) average_adc;
}

int read_temperature( void ){
    int adc_value, temperature_value;
    PORTC |= (1<<PC1);
    _delay_ms(80);
    adc_value = read_ADC(0);
    PORTC &= ~(1<<PC1);
    temperature_value = 0.48828125 * adc_value - 273;
    return temperature_value;
}

void zero_counter( void ){
    sreg = SREG;
    cli();
    TCNT1 = 0;
    SREG = sreg;
    sei();
}

unsigned int read_counter( void ){
    unsigned char sreg;
    unsigned int count;
    sreg = SREG;
    cli();
    count = TCNT1;
    SREG = sreg;
    sei();
    return count;
}

```

```

}

int read_humidity( void ){
    unsigned int counter_value;
    int humidity_value;
    float m = 0.147929;
    float a = 427.515;

    zero_counter();
    PORTB &= ~(1<<PB1);
    TCCR1B |= ((0<<CS12)|(1<<CS11)|(0<<CS10));
    while((!(PINB & 1)) & (TCNT1<65000));
    TCCR1B &= ~((1<<CS12)|(1<<CS11)|(1<<CS10));
    PORTB |= (1<<PB1);
    counter_value = read_counter();
    humidity_value = (m * counter_value) - a;
}

void delay_minutes( int delay ){
    int t;
    for (t = 0; t < (delay * 60); t++){
        _delay_ms(1000);
    }
}

int main( void ){
    char temperature_str[8];
    char humidity_str[8];
    int temperature;
    int humidity;

    initialize_USART( MYUBRR );
    initialize_ADC();

```



```

DDRC |= (1<<DDC1);
    DDRB |= (1<<DDB1);
    PORTB |= (1<<PB1);
while( 1 ){
    temperature = read_temperature();
    humidity = read_humidity();
    itoa(temperature,temperature_str,10);
    itoa(humidity,humidity_str,10);

    send_string(temperature_str);
    send_string(" degC");
    send_string(" ");

    send_string(humidity_str);
    send_string(" %RH");
    send_string("\r\n");

    _delay_ms(1000);
}
return 0;
}

```

5 КОНСТРУКТОРСЬКІ РОЗРАХУНКИ ПРИСТРОЮ

5.1 Конструкторський розрахунок друкованої плати

5.1.1 Вибір методу виготовлення друкованих провідників

Сьогодні поширені два основних способи створення односторонніх і двосторонніх друкованих плат: хімічний і комбінований методи[19].

Хімічний метод походить від травлення фольги, не покритої металізацією. Даний спосіб є високопродуктивним, він дозволяє розташувати фольгу тільки з одного боку друкованої плати, використовується для створення односторонніх друкованих плат. Цей спосіб простий і бюджетний.

Комбінований метод поєднує травлення діелектрика фольги з електрохімічним перетворенням отворів у метал. Такий спосіб створення друкованої плати є більш витратним, але забезпечує більшу концентрацію точок кріплення і більш надійний спосіб кріплення компонентів до плати за рахунок металізації отворів. Цей підхід простий у реалізації двосторонньої друкованої плати.

Наша дошка буде мати тільки одну сторону, тому ми вибираємо хімічний спосіб виробництва.

5.1.2 Розрахунок параметрів електричних з'єднань

Не рекомендується використовувати великі складні геометричні фігури, тому що в результаті плата має низьку механічну стійкість і підвищується складність її обробки. В результаті використовуються дошки прямокутної форми, що підвищує зручність виготовлення пристрою.

При проектуванні друкованої плати необхідно враховувати чотири основні чинники: загальний коефіцієнт, щільність і товщину провідного шару, кількість шарів і матеріал, який використовується для діелектрика. Загальні розміри плати повинні відповідати ГОСТ 10317-79[20] або

визначатися вимогами конструкції корпусу та умовами розміщення елементів схеми на даній площі.

Усі ці критерії враховуються при виборі односторонньої друкованої плати з неметалізованими отворами, виготовленої зі склопластику товщиною 1,5 мм, марки СФ-1-35-1,5 ГОСТ 10316-78 [20]. За консистенцією друкована плата повинна мати клас консистенції 2 за ГОСТ 23753-79. На дошці розміщені елементи з різним діаметром електродів.

Діаметри отворів для встановлення радіоелементів становить 0.9 мм і 1.3 мм.

Комбінований позитивний метод виготовлення друкованої плати і перший клас точності було обрано виходячи із технологічних можливостей її виробництва.

Величина мінімальної ширини друкованого провідника за значенням протікання постійного струму визначена за співвідношенням

$$b_{\min 1} = \frac{I_{\max}}{j_{\text{дон}} \cdot t}, \quad (5.1)$$

де $I_{\max}$ – це величина максимального постійного струму, який протікає в провідниках, А;

$j_{\text{дон}}$ – це величина допустимої густини струму, А/мм²;

t – це величина товщини провідника, мм;

При товщині $t=35\text{мкм}$ і густині струму $j_{\text{дон}} = 48 \text{ А/мм}^2$ [19].

Тоді, при $I_{\max} = 0,1 \text{ А}$, величина мінімальної ширини провідника становить

$$b_{\min 1} = \frac{0.1}{48 \cdot 0.035} = 0.06 \text{ (мм)}.$$

Чисельне значення мінімальної ширини провідника, виходячи із допустимого падіння напруги на ньому, обчислюється за співвідношенням

$$b_{\min 2} = \frac{p \cdot I_{\max}}{l \cdot U_{\text{дон}}}, \quad (5.2)$$

де p – це величина питомого об'ємного опору матеріалу провідників.

$\text{Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$;

l – це величина довжини провідника, м ;

$U_{\text{дон}}$ – це величина допустимого падіння напруги. В ;

Тоді, при величині питомого об'ємного опору $p=0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$,
довжини провідника $l=0,15 \text{ м}$ та допустимого падіння напруги $U_{\text{дон}} = 0,3 \text{ В}$

$$b_{\min 2} = \frac{0,0175 \cdot 0,1}{0,15 \cdot 0,3} = 0,05 (\text{мм}).$$

Чисельне значення мінімальної ширини провідників для двосторонніх друкованих плат, які будуть виготовлені комбінованим позитивним методом із використанням фотохімічного способу нанесення рисунку обчислюється за

$$b_{\min} = b_{\min 1} + 1,5 \cdot t + 0,03. \quad (5.3)$$

Отримаємо,

$$b_{\min} = 0,06 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 0,143 (\text{мм}).$$

Приймаємо величину ширини провідників рівною $b = 0,4 \text{ мм}$.

Обчислимо величину номінального значення діаметрів монтажних отворів d за співвідношенням

$$d = d_{\text{г}} + d_{\text{н.в.}} + r, \quad (5.4)$$

де $d_{\text{г}}$ – це величина максимального діаметра електроду встановлюваних елементів, мм ;

$d_{н.в.}$ – це величина нижнього відхилення від номінального діаметра монтажною отвору, мм;

r – це величина різниці між мінімальним діаметром отвору та максимальним діаметром електроду радіoelementa, мм;

Згідно [19], обираємо $d_{н.в.} = 0,05 \text{ мм}$, $r = 0,2 \text{ мм}$.

Величина товщина електродів елементів, що будуть використані при виготовленні пристрою терморегулювання становить 0,5 мм.

Номінальне значення величини діаметрів отворів становить

$$d = 0,5 + 0,05 + 0,2 = 0,785 \text{ (мм)}.$$

Обчислене значення діаметра d приводимо до стандартного значення, прийнявши $d = 0,8 \text{ мм}$.

Величина мінімального діаметра контактних площадок для двосторонніх друкованих плат, що будуть виготовлені комбінованим позитивним методом із використанням фотохімічного способу нанесення рисунка, обчислюється за співвідношенням

$$D_{\min} = D_{1\min} + 1,5 \cdot t_{\phi} + 0,03, \quad (5.5)$$

де t_{ϕ} – це величина товщини фольги, мм;

$D_{1\min}$ – це величина мінімального ефективного діаметра площадки, який обчислений по формулі

$$D_{1\min} = 2 \left(b_m + \frac{d_{\max}}{2} + \delta_d + \delta_p \right), \quad (5.6)$$

де b_m – це величина відстані від краю просвердленого отвору до краю контактної площадки, мм,

δ_d та δ_p – це величина допусків на розташування отворів та контактних площадок, мм;

$d_{\max}$ – це величина максимального діаметра просвердленого отвору, що обчислений за співвідношенням

$$d_{\max} = d + d_{н.в.} + (0,1 \dots 0,15), \quad (5.7)$$

де d – це величина діаметра отвору, мм.

Оскільки величина товщини фольги $t_{\phi} = 0,035 \text{ мм}$, величина відстані від краю просвердленого отвору до краю контактної площадки $b_m = 0,035 \text{ мм}$, величина допусків на розташування отворів та контактних площадок $\delta_d = 0,08 \text{ мм}$, $\delta_p = 0,2 \text{ мм}$ [19], тому величина максимального діаметра отвору буде

$$d_{\max 1} = 0,8 + 0,05 + 0,15 = 1 \text{ (мм)},$$

$$D_{1\min 1} = 2 \left(0,035 + \frac{1,0}{2} + 0,08 + 0,2 \right) = 1,63 \text{ (мм)}.$$

Отже, величина діаметра контактних площадок буде

$$D_{\min 1} = 1,63 + 1,5 \cdot 0,035 + 0,03 = 1,71 \text{ (мм)}.$$

Величина максимального діаметра контактних площадок обчислена за співвідношенням

$$D_{\max} = D_{\min} + (0,02 \dots 0,06), \quad (5.8)$$

$$D_{\max 1} = 1,71 + 0,02 = 1,73 \text{ (мм)}.$$

Величина мінімальної відстані між двома контактними площадками обчислена за співвідношенням

$$S_{\min} = L_0 - (D_{\max} + 2 \cdot \delta_p), \quad (5.9)$$

де L_0 – це величина відстані між центрами контактних площадок, мм.

$$S_{\min} = 2,5 - (1,73 + 2 \cdot 0,2) = 0,37 (\text{мм}).$$

Таким чином, як видно з результатів розрахунків, параметри друкованого монтажу відповідають вимогам, які висуваються до плат 1-го класу точності. А тому чисельні значення обчислені вірно.

5.1.3 Розрахунок опору провідників і спаду напруги на них

Чисельне значення опору провідників обчислене за співвідношенням

$$R = \frac{p \cdot L_{\max}}{(b \cdot t)}, \quad (5.10)$$

де p – це величина питомого об'ємного електричного опору (для односторонньої друкованої плати вона становить $p = 0.05 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$) [19];

$L_{\max}$ – це величина довжини провідника, яка становить $L_{\max} = 0.980 \text{ м}$.

$$R = \frac{0.05 \cdot 0.98}{0.2 \cdot 35 \cdot 10^{-3}} = 7 (\text{Ом}).$$

Величина спаду напруги на ділянці провідника обчислюється за формулами

$$U\% = \frac{R \cdot I_{\max}}{U_n} \cdot 100\%, \quad (5.11)$$

$$U\% = \frac{7 \cdot 0,0005}{15} \cdot 100\% = 0.027\%.$$

За методиками розрахунків Парфенова $U\% < 5\%$, для нашого випадку величина спаду напруги становить $U\% = 0.027\%$. З цього випливає, що спад напруги на ділянці провідника не впливатиме на працездатність блоку [19].

5.1.4 Компоновка плати

Для розміщення вузлів радіоапаратури необхідно мати принципову електричну схему пристрою, а також габаритно-настановну картину частин,

вузлів і пристроїв, що входять до загальної схеми. Три основні способи організації:

- аналітичний, який отримує загальні характеристики продукту, потім ці характеристики використовуються для створення першої концепції того, як розробити атрибути продукту.

- прототип або використання, отримання конструкції з використанням тривимірних або плоских моделей обладнання для радіоелектрики.

- Ілюстративний, нанесення меж частин на аркуш паперу.

Щоб розташувати максимально можливу конфігурацію деталей, необхідно виконати кілька варіантів компоновання, для кожного вибрати оптимальний варіант.

Графічний метод проектування дошки називається верстка дошки. Це виконується за допомогою програми Sprint Layout 4.03[21].

5.2 Розробка конструкції пристрою

Блок керування пристрою клімат-контролю змонтований на односторонній друкованій платі, виготовленій з склотекстоліту розміром 60x40 мм. Креслення плати розроблялось в програмі Sprint Layout 4.03.

Блок керування пристрою клімат-контролю може бути виконаний як в корпусі, так і без нього для встановлення в інші пристрої, саме тому конструкція силового модуля не вказується.

Усі елементи на платі розміщені з урахуванням електромагнітної та теплової сумісності.

Оскільки друкованих доріжок досить мало, це дозволяє виготовляти плату позитивним методом, що значно зменшує затрати на її виготовлення.

5.3 Розрахунок надійності по раптовим відмовам

Надійність радіоелектронного пристрою - це здатність пристрою виконувати свої функції за призначенням, яка визначається його здатністю

працювати без збоїв і ремонтпридатністю. Безвідмовна робота вважається характеристикою пристрою, який буде продовжувати належним чином функціонувати за тих самих умов протягом визначеного періоду часу.

Помилки класифікуються як раптові або поступові. Останні є результатом негайної зміни специфікацій пристрою. Поступові збої представлені змінами, які відбуваються протягом певного періоду часу.

Ймовірність відсутності відмов протягом заданого періоду часу T при роботі певним чином називається ймовірністю безвідмовної роботи елемента або системи

$$p(t)=p(t) \geq T; \quad (5.12)$$

де T - це час від початку роботи до першої відмови.

Імовірність відмови пристрою $q(t)$ – це є імовірність виникнення події, коли відмова за певних умов експлуатації відбудеться через час, що не перевищуватиме заданого часу напрацювання на відмову.

Якщо функція $q(t)$ є диференційована, тоді густина розподілу імовірності напрацювання пристрою до відмови можна визначити як

$$w(t)=\frac{dq(t)}{d_q(t)}=\frac{dP(t)}{d_q(t)}. \quad (5.13)$$

Інтенсивність відмови $L(t)$ – це є умовна густина розподілу імовірності виникнення відмови. Середній час напрацювання на відмову можна визначити

$$T_{cp}=t \int_0^{1t} tw(t)dt. \quad (5.14)$$

Таким чином, імовірність безвідмовної роботи $P(t)$ має вигляд

$$P(t)=e^{-L(t)t}. \quad (5.15)$$

За експоненціальним законом розподілу випадкової величини час напрацювання на відмову визначається за співвідношенням

$$T_{cp} = \frac{1}{L_0}. \quad (5.16)$$

Щоб визначити надійність системи на основі відомих показників надійності її складових, роблять два припущення: по-перше, відмови елементів не залежать одна від одної; по-друге, вихід з ладу хоча б одного елемента спричиняє відмову всієї системи. У теорії надійності така система вважається послідовною. Для її аналізу застосовують теорему добутку ймовірностей у вигляді

$$P_{cp} = \sum_{i=1}^n P_i(t). \quad (5.17)$$

де $P_i(t)$ – це величина імовірності безвідмовної роботи i -го елемента;
 n – це величина кількості комплектуючих елементів.

За умови експоненціального закону розподілу випадкової величини імовірність безвідмовної роботи елемента $P_c(t)$ буде дорівнювати

$$P_{cp}(t) = \sum_{j=1}^m e^{-L_j(t) \cdot m_j \cdot t}. \quad (5.18)$$

де L_j – це величина інтенсивності відмови j -ої групи;

N_j – це значення кількості елементів j -ої групи;

t – це значення кількість груп рівнонадійних елементів.

За отриманою формулою виконують орієнтовний розрахунок надійності. Для більш точного розрахунку зазвичай беруть до уваги вплив експлуатаційних умов, температурного режиму та електричних параметрів. При цьому розрахунок здійснюється з урахуванням коефіцієнта a_j

$$L_j = L_0 \cdot j. \quad (5.19)$$

Значення поправочного коефіцієнта a_j , що залежить від температури та коефіцієнта навантаження, наведені в таблиці 5.2. Значення коефіцієнта навантаження приймаються згідно з [22]:

для резисторів - $K_n=0,6$;

для конденсаторів - $K_n=0,7$;

для мікросхем - $K_n=0,5$;

для діодів - $K_n=0,7$.

Показники інтенсивності відмов обираються з відповідних таблиць згідно з [22]. Поправочні коефіцієнти, які враховують умови експлуатації, беруть із таблиці 5.1.

При розрахунку частоти відмов елементів клімат-контролю, які знаходяться в типовому режимі роботи L_j , частота відмов групи елементів L_0 , які знаходяться в номінальному режимі, множиться на поправочний коефіцієнт. Імовірність j -го кластера елементів розраховується шляхом добутку L_j на N_j , де N_j – загальна кількість елементів у j -му кластері, шт. Значення факторів, залучених до корекції, і N_j , L_0 і L_j наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Інтенсивності відмов груп елементів

№ п/п	Групи елементів	Кількість ел-ів, шт.	L_0 в номін. режимі 10^{-6}	Попра вочний коефі- цієнт	Попра вочний коефі- цієнт	L_0 в робоч. режимі з врах. ЗФ 10^{-6}	L_0 j -ої групи елементів 10^{-6}
1	Мікросхеми	4	0,2	0,8	0,15	0,024	0,056
2	Діоди	5	0,3	0,9	2,5	0,675	3,375
3	Резистори	2	0,1	0,4	0,18	0,0072	0,0144
4	Конденсатори	8	1,1	0,2	0,22	0,0484	0,3584
5	Плата	1	0,1	1	1	0,1	0,1
5	Пайка	360	0,01	1	1	0,01	3,6
	Всього						7,504

Таким чином, величина інтенсивності відмов пристрою буде складати

$$L_c = 7,504 \cdot 10^{-6} \text{ (1/год)}.$$

А тому величина середнього часу напрацювання на відмову складатиме

$$T_{cp} = \frac{1}{7,504 \cdot 10^{-6}} = 163262,2 \text{ (год)}.$$

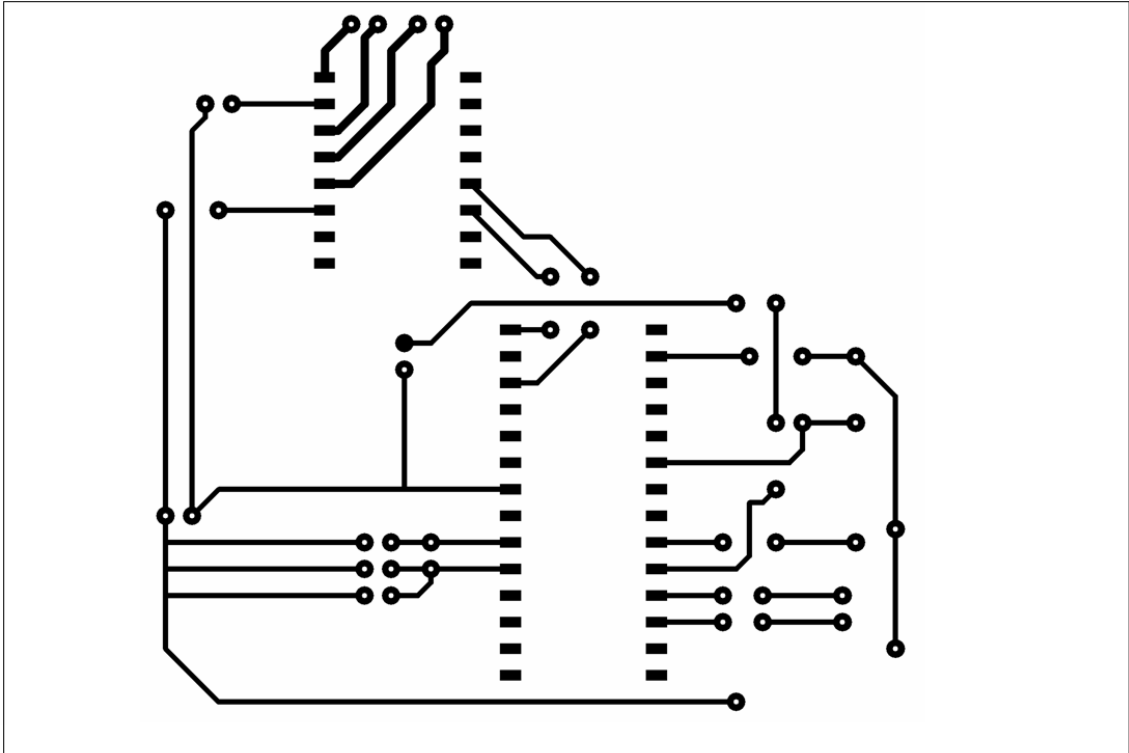


Рисунок 5.1 – Топологія друкованої плати блоку керування пристроєм клімат-контролю

6 МОДЕЛЮВАННЯ ПРИСТРОЮ НА ЕОМ

6.1 Вибір програми моделювання

Для розробників, які хочуть створювати радіоелектронні пристрої, доступно багато різних програмних додатків. Даваймо розглянемо кілька підходів, які можна використовувати для програмування пристрою.

Корпорація Microsim створила комплексний пакет програм під назвою DesignLab 8.0, який призначений для повного проектування аналогових, цифрових і змішаних аналого-цифрових пристроїв, синтезу програмованих логічних пристроїв і аналогових фільтрів. Система DesignLab є модернізацією систем Design Center попереднього покоління. Усі ці системи використовують популярну програмну платформу Pspice.

Крім того, протокол ALPAC 7.1 часто використовується для проектування та моделювання електричних кіл і систем у часовій і частотній областях. Одним з унікальних аспектів ALPAC є наявність великої кількості бібліотек компонентів принципової схеми та окремих блоків, які використовуються в аналоговому та цифровому зв'язку.

За функціональним складом ці бібліотеки мають перевагу перед іншими бібліотеками.

Під час моделювання для моделювання схеми буде використано Electronics Workbench 5.12Pro. Ця система може емулювати схеми, які містять найновіші компоненти. Тут також представлені моделі сучасного лабораторного обладнання, система Electronics Workbench містить віртуальні осцилографи та цифрові вимірювальні прилади.

У системі Electronics Workbench 5.12Pro панелі віртуальних осцилографів, вольтметрів, амперметрів, плоттера Боде, функціональних генераторів і цифрових пристроїв, які виглядають як справжні пристрої, схожі на зовнішній вигляд справжніх пристроїв. Це полегшує використання комп'ютерів для емуляції реальних схем і вивчення їх властивостей.

Описуваний програмний продукт не є особливим в налаштуванні і не вимагає спеціальних пристроїв або налаштування. Для встановлення цього програмного забезпечення підходять звичайні комп'ютери.

Ми використали цей редактор через його широкі можливості: у режимі аналізу змінного струму розраховується амплітудна характеристика, що дозволяє оцінити вплив складових каскаду на форму сигналу, у режимі аналізу постійного струму залежність напруги постійного струму на будь-якому даному вузлі визначається як функція напруги постійного струму на іншому вузлі.

У редакторі схем Electronic Workbench 5.12Pro є додаткові режими аналізу електричних ланцюгів, які не рекомендовані для цієї мети.

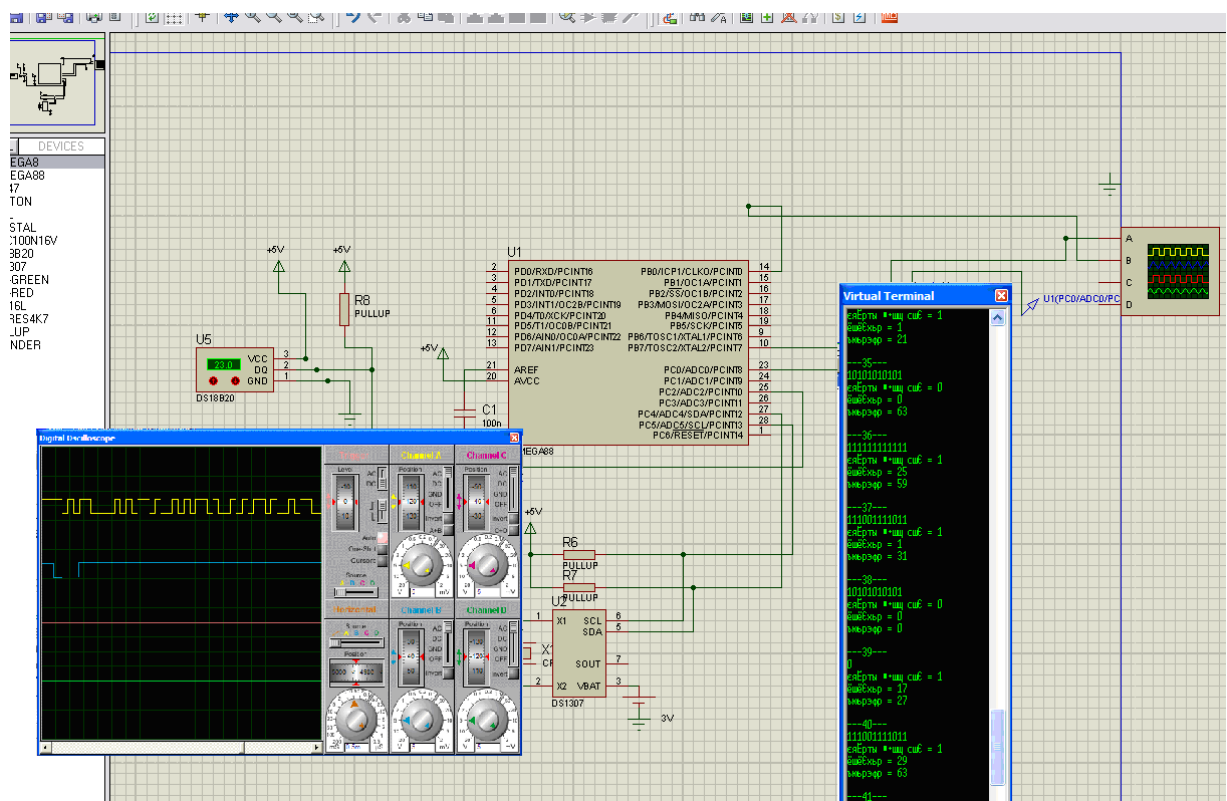


Рисунок 6.1 – Результати комп'ютерного схемотехнічного моделювання роботи пристрою

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

Створення безпечного виробничого середовища є фундаментальною передумовою для досягнення високої продуктивності та мінімізації ризиків травматизму й професійних захворювань на виробництві. Це вимагає розробки та впровадження комплексної політики, адаптованої до особливостей кожного підприємства, та забезпечення неухильного дотримання базових норм безпеки всіма працівниками. Керівництво та власники підприємств несуть пряму відповідальність за безпеку праці, що реалізується через запровадження дієвих запобіжних заходів, систематичне навчання персоналу правилам безпеки, постійний контроль умов праці, своєчасну модернізацію безпечного обладнання та регулярне проведення навчальних інструктажів з питань безпеки для всього колективу. Такий підхід сприяє зменшенню рівня виробничої захворюваності та запобігає значним економічним збиткам, спричиненим порушеннями правил безпеки.

Розробка радіоелектронного блоку керування пристроєм клімат-контролю відбувалася в приміщенні, яке обладнане комп'ютеризованими робочими місцями. На розробника, відповідно до Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу можуть мати вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [30]:

1. Фізичні: підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищена чи понижена вологість повітря; підвищений рівень статичної електрики; підвищений рівень електромагнітного випромінювання; недостатня освітленість робочої зони.

2. Психофізіологічні: розумове перевантаження; перенапруга аналізаторів; статичне перевантаження.

Відповідно до визначених факторів формуємо рішення щодо безпечного виконання роботи.

7.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

7.1.1 Обладнання приміщення та робочого місця

У сучасній промисловості спостерігається стійка тенденція до автоматизації та оптимізації виробничих процесів, де комп'ютерна техніка стала невід'ємним елементом практично всіх сфер господарської діяльності. Згідно з чинним законодавством України, зокрема в галузі охорони праці, існують чітко регламентовані норми та вимоги щодо використання комп'ютерної техніки на підприємствах, що визначаються такими нормативно-правовими актами, як ДСанПіН 3.3.2.007-98, НПАОП 0.00-7.15-18, ДСТУ 8604:2015 [31] та іншими. Дотримання цих вимог є обов'язковим для забезпечення безпечних та комфортних умов праці працівників, що використовують комп'ютерну техніку, а також для запобігання можливим ризикам, пов'язаним з її експлуатацією.

Приміщення, призначені для експлуатації комп'ютерної техніки, повинні відповідати затвердженій проєктній документації будівлі, погодженій відповідними державними органами. Крім того, роботодавець несе відповідальність за дотримання санітарних норм і правил, що регламентують параметри освітлення, мікроклімату (температури, вологості повітря), рівнів вібрації та шуму, а також вимог пожежної безпеки в цих приміщеннях, які детально прописані у відповідних нормативних актах. У випадку виявлення будь-яких невідповідностей встановленим санітарним нормам і вимогам безпеки на робочих місцях, керівництво зобов'язане негайно вжити заходів для їх усунення та покращення умов праці з метою забезпечення здоров'я та безпеки працівників.

Окрім дотримання нормативних вимог до приміщень, необхідно систематично контролювати технічний стан офісної техніки та своєчасно проводити її технічне обслуговування. Це є важливим для гарантування безпечної експлуатації обладнання та підвищення ефективності робочого процесу, що в свою чергу сприяє мінімізації ризиків травматизму та

зростанню загальної продуктивності підприємства.

Організація робочого місця розробника радіоелектронного блоку керування пристроєм клімат-контролю були дотримані такі вимоги:

- робочі місця з відеотерміналами й ПК розміщуються на відстані не менш 1 м від стін зі світловими прорізами;
- відстань між бічними поверхнями відеотерміналів повинна бути не менше 1,2 м;
- відстань між тильною поверхнею одного відеотермінала й екраном іншого не повинна бути менше 2,5 м;
- прохід між рядами робочих місць повинен бути не менше 1 м.

Екран монітора розміщено на безпечній відстані від очей користувача, яка становить не менше 60 см, з урахуванням розміру символів для забезпечення чіткості сприйняття інформації. Клавіатура встановлена на спеціальній регульованій підставці, що дозволяє змінювати її висоту незалежно від рівня столу, в межах 10-30 см від переднього краю робочої поверхні, що забезпечує зручне розташування рук. Крім того, передбачена можливість регулювання кута нахилу клавіатури в діапазоні від 5 до 15 градусів для підтримки природного положення зап'ясть. Таке ергономічне розташування екрана та клавіатури суттєво зменшує напруження на очі та м'язи працівника, підвищує комфорт при роботі з комп'ютером та мінімізує ризик виникнення дискомфорту або втоми. Для додаткової зручності рекомендується використовувати підставку для зап'ясть, що сприятиме підтримці нейтрального положення кистей рук під час тривалої роботи. Регульована висота та кут нахилу клавіатури є важливими елементами для забезпечення оптимальної пози рук, запобігаючи потенційним негативним наслідкам для м'язів та суглобів.

7.1.2 Електробезпека приміщення

Приміщення, де проводилася розробка радіоелектронного блоку керування пристроєм клімат-контролю, належить до першого класу електробезпеки, що характеризується відсутністю підвищеної небезпеки ураження електричним струмом. Це зумовлено сприятливими умовами: сухим середовищем з низьким рівнем запиленості, стабільним температурним режимом, наявністю ізольованих підлог та використанням обладнання з обмеженою кількістю заземлених елементів [32].

У робочому місці встановлено системний блок комп'ютера з металевим корпусом, що має вбудовану ізоляцію для підвищення безпеки користувача. Різноманітне електротехнічне обладнання, включаючи апаратуру, кабелі та розподільні пристрої, розраховане на різні значення напруги, забезпечує стабільну роботу як у штатному режимі, так і в умовах можливих коротких замикань, стрибків напруги та перевантажень.

Для забезпечення безпеки передбачені такі технічні рішення:

- струмопровідні частини недоступні (використовується схована проводка, або кабель прокладений у спеціальних ринвах);
- струмопровідні частини ізольовані за допомогою ізоляції, опір якої не менше 1 кОм/В, і піддаються регулярному контролю та обслуговуванню;
- напруга в системі освітлення становить 220 В та має заземлену нейтраль;
- використання запобіжників та автоматичних вимикачів для захисту від коротких замикань і перевантажень;
- заземлення всіх металевих частин обладнання та електричних систем для ефективного відведення надлишкової напруги та запобігання ураженню електричним струмом;
- застосування високоякісних кабелів, які відповідають стандартам безпеки та електробезпеки;
- постійний нагляд і планова профілактика електротехнічного

обладнання та ізоляції для попередження можливих проблем.

7.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

7.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат виробничого приміщення визначається поєднанням фізичних факторів навколишнього середовища, що впливають на тепловий баланс людини, а саме: температурою, вологістю, швидкістю руху повітря та інтенсивністю теплового випромінювання. Відхилення температури від комфортних значень може призвести до порушення терморегуляції, викликати дискомфорт і знизити продуктивність, а в екстремальних випадках – до переохолодження або теплового удару. Недостатня вологість спричиняє сухість слизових оболонок та подразнення очей, тоді як надмірна вологість ускладнює теплообмін через потовиділення, викликаючи відчуття задухи. Занадто інтенсивний рух повітря може призвести до переохолодження, а його недостатність – до застою повітря та відчуття духоти. Таким чином, підтримання оптимальних параметрів мікроклімату є критично важливим для збереження здоров'я та працездатності працівників [34].

Робота розробника радіоелектронного блоку керування пристроєм клімат-контролю згідно Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу за енерговитратами відноситься до категорії 1а. Допустимі параметри мікроклімату для категорії 1а наведені в табл.7.1.

Таблиця 7.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	55	0,1-0,2
Холодний	21-25	75	0,1

Для підтримання оптимального мікроклімату в приміщенні передбачено використання комплексної системи, що включає: систему кондиціонування повітря з функцією налаштування температурного режиму, централізовану

систему опалення для забезпечення комфортної температури в холодну пору року, а також регулярне проведення вологого прибирання для підтримання належного рівня вологості та зменшення запиленості повітря. Додатково рекомендується забезпечити регулярне провітрювання приміщення для оновлення повітря та підтримання його свіжості.

7.2.2 Склад повітря робочої зони

Вдихання забрудненого повітря в робочій зоні становить значну загрозу для здоров'я, спричиняючи широкий спектр захворювань, включаючи професійні хвороби дихальної системи (такі як силікоз, азбестоз, пневмоконіози), алергічні реакції (бронхіальна астма, алергічний риніт, дерматити), інтоксикації та навіть онкологічні процеси. Крім того, несприятливий склад повітря негативно впливає на працездатність, проявляючись у підвищеній втомі, сонливості, головних болях, запамороченнях, зниженні концентрації уваги, зростанні кількості помилок та підвищеній дратівливості працівників. Саме тому контроль та підтримання належної якості повітря в робочій зоні є ключовим аспектом охорони праці.

В приміщенні, де здійснюється розробка радіоелектронного блоку керування пристроєм клімат-контролю, можливими шкідливими речовинами у повітрі є пил, озон та вуглекислий газ. Джерелами цих речовин є офісна техніка. Пил потрапляє у приміщення ззовні. ГДК шкідливих речовин, згідно ДСН 3.3.6.042-99 [35], які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	25	10	4
Озон	0,1	0,03	1
Вуглекислий газ	3	1	4

Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл.7.3).

Таблиця 7.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

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

Для підтримання належного складу повітря в робочій зоні застосовується комплекс заходів: встановлена система кондиціонування (забезпечує регулювання температури, вологості та рівня чистоти повітря, створюючи комфортні умови для працівників), здійснюється систематичне провітрювання (сприяє видаленню з повітря шкідливих домішок, таких як пил, гази та пари, забезпечуючи його свіжість та оновлення) та регулярне вологе прибирання (допомагає ефективно усувати з поверхонь накопичення пилу, бруду та потенційно шкідливих мікроорганізмів) [36].

7.2.3 Виробниче освітлення

Виробниче освітлення є критично важливим елементом для створення безпечних, комфортних та високопродуктивних умов праці, оскільки воно безпосередньо впливає на здоров'я та працездатність працівників (недостатнє або надмірне освітлення може викликати зорову втому, погіршення гостроти зору, головні болі та підвищувати ризик травматизму. Натомість, якісне освітлення сприяє покращенню самопочуття, знижує рівень стресу та тривожності, позитивно впливає на настрій і мотивацію), безпеку праці (належне освітлення робочих місць забезпечує кращу видимість об'єктів, інструментів та обладнання, що значно зменшує ймовірність нещасних випадків та аварій. У критичних ситуаціях, таких як пожежа, достатнє

освітлення евакуаційних шляхів та виходів є життєво важливим для безпечної евакуації персоналу), а також якість продукції (погане освітлення може призвести до того, що працівники пропускать дефекти у виробництві, що може спричинити випуск неякісної продукції. Оптимальне освітлення дозволяє виконувати роботу з більшою точністю, підвищуючи тим самим якість кінцевого продукту). Таким чином, інвестиції в якісне виробниче освітлення є запорукою здоров'я персоналу, безпеки робочого процесу та високих стандартів якості продукції.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО при природному та сумісному освітленні (згідно ДБН В.2.5-28:2018) [37] зазначені у таблиці 7.4:

Таблиця 7.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, e_n , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Високі точності	0,3 - 0,5	III	г	великий	світлий	700	300	5	2	3	1,2

Місце роботи розміщено таким чином, щоб уникнути прямого попадання світла в очі. Для усунення світлових відблисків використовується обладнання з матовою поверхнею. Щоб захистити очі від прямого сонячного

світла або штучного освітлення, встановлюють захисні козирки та жалюзі на вікнах. Застосовується система вимикачів, що дозволяє регулювати інтенсивність штучного освітлення по відношенню до природного освітлення та освітлювати тільки необхідні для роботи зони приміщення. Для забезпечення належного рівня освіти важливо максимально використовувати доступне природне освітлення, регулярно очищати вікна від бруду та своєчасно замінювати випалені лампи.

7.2.4 Виробничий шум

Нормативним документом, що встановлює допустимі рівні шуму для різних категорій робочих місць у службових приміщеннях, є Державні санітарні норми ДСН 3.3.6.037-99 [38]. Конкретні норми шумового навантаження на працівника, який займається розробкою радіоелектронного блоку керування пристроєм клімат-контролю, наведені у таблиці 7.5 цього документа. Дотримання цих норм є обов'язковим для забезпечення комфортних та безпечних умов праці, запобігання негативному впливу шуму на здоров'я та працездатність працівників.

Таблиця 7.5 - Рівень звукового тиску

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

Основними заходами боротьби з шумом є усунення або ослаблення причин шуму в самому його джерелі у процесі роботи, використання звукопоглинаючих матеріалів, раціональне планування виробничих

приміщень.

7.2.5 Виробничі випромінювання

Виробничі випромінювання являють собою комплекс фізичних факторів, що генеруються в процесі функціонування різноманітного обладнання, технологічних ліній та інших виробничих джерел. До них належать електромагнітні, оптичні, акустичні та іонізуючі випромінювання. Сучасна комп'ютерна техніка, характеризуючись високою енергоефективністю, містить різноманітні електричні та радіоелектронні компоненти, що функціонують на різних фізичних принципах. У процесі роботи ця техніка створює навколо себе електричні та магнітні поля в широкому діапазоні частот і з різним просторовим розподілом. Окрім того, потенційну небезпеку можуть становити електромагнітне випромінювання радіочастотного діапазону та електромагнітні поля, що виникають від сторонніх джерел у робочій зоні з комп'ютерною технікою. Ці фактори можуть мати негативний вплив на здоров'я працівників, що зумовлює необхідність впровадження відповідних заходів безпеки та постійного контролю. Гранично допустимі рівні електромагнітного поля для працівника становлять наведені в таблиці 7.6.

Таблиця 7.6 – Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Види поля	Допустимі параметри поля		Допустима поверхнева щільність потоку енергії (інтенсивність потоку енергії), Вт/м ²
	за електричною складовою (E), В/м	за магнітною складовою (H), А/М	
Напруженість електромагнітного поля, 6 кГц...3 МГц	50	5	
3 МГц...30МГц	2	-	
30 МГц...5 ГГц	-	-	10

Продовження таблиці 7.6 – Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Електромагнітне поле оптичного діапазону в ультрафіолетовій частині спектру: УФ-С (220...280 нм)			0,001
УФ-В (280...320 нм)			0,01
УФ-А (320...400 нм)			10,0
в інфрачервоній частині спектру: 0,76... 10,0 мкм			35,0... 70,0
Напруженість електричного поля ВДТ			20 ВВ/м

Для обмеження впливу ЕМП на розробника слід використовувати лише якісну техніку із сертифікатом якості і дотримуватися встановленого часу роботи за ПК.

7.3 Пожежна безпека

У робочому приміщенні застосовуються виключно негорючі речовини та матеріали, що перебувають у холодному стані, що відповідно до нормативних документів класифікує його за вибухопожежною та пожежною небезпекою як категорію «Д». Єдиним потенційним джерелом займання є кабельні електропроводки, що забезпечують живлення обладнання, що відповідає вимогам безпеки для приміщень даної категорії.

Будівля за своєю вогнестійкістю відповідає другій категорії згідно з чинними нормативними документами, що визначає певний рівень її здатності протистояти впливу вогню та зберігати несучі конструкції протягом встановленого часу. Щодо окремої робочої зони в приміщенні, вона класифікується як вибухонебезпечна зона класу В-Па та пожежонебезпечна зона класу П-Па. Така класифікація означає, що вибухонебезпечна концентрація пилу або волокон може утворитися лише внаслідок малоймовірної аварійної ситуації або виходу обладнання з ладу [39].

7.3.1 Технічні рішення системи запобігання пожежі

У досліджуваному приміщенні відсутні легкозаймисті, самозаймисті та вибухові речовини, потужне електрообладнання та пристрої, які іскрять, а також механізми з рухомими частинами, знос або корозія яких могли б спричинити пожежу. Таким чином, основні фактори ризику займання практично зведені до нуля. Проте, для забезпечення максимального рівня пожежної безпеки та запобігання навіть мінімальній ймовірності виникнення пожежі, рекомендується вжити наступних превентивних заходів:

1) Призначення конкретних осіб, відповідальних за контроль та дотримання протипожежних норм у приміщенні.

2) Щорічне проведення повторних інструктажів та занять з пожежно-технічного мінімуму для осіб, відповідальних за пожежну безпеку, з метою підтримання необхідного рівня знань та навичок.

3) Забезпечення справності та готовності до використання всіх наявних засобів пожежогасіння.

4) Встановлення чіткої процедури своєчасного повідомлення про будь-які виявлені несправності пожежної техніки, систем протипожежного захисту, водопостачання та інших відповідних систем.

Впровадження цих профілактичних заходів дозволить підтримувати високий рівень пожежної безпеки та мінімізувати потенційні ризики, навіть за відсутності очевидних джерел займання.

7.3.2 Технічні рішення системи протипожежного захисту

У всіх приміщеннях будівлі на чільних місцях розміщено чіткі плани евакуації, що наочно відображають напрямки руху та безпечні шляхи виходу, а також містять стислі правила поведінки у разі виникнення пожежі, розроблені згідно з чинними протипожежними нормами. Евакуація персоналу при пожежі здійснюється через два незалежні евакуаційні виходи, розташовані на сходових клітках по різні сторони коридорів, що забезпечує

альтернативні шляхи відступу. Ширина евакуаційних шляхів становить не менше 1 метра, що відповідає вимогам для забезпечення безперешкодного руху людей, а максимальна відстань від будь-якого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу не перевищує 25 метрів, що гарантує своєчасну евакуацію [40-41].

Для локалізації та гасіння пожежі на початковій стадії всередині будівлі обладнано внутрішній пожежний водопровід, оснащений пожежними кранами та приєднаними до них пожежними рукавами встановленого діаметру та довжини. Крім того, у кожному окремому приміщенні та на кожному поверсі встановлено достатню кількість переносних вогнегасників типу ВВК-5, що відповідають класу пожежної небезпеки приміщень. Зовні будівлі, біля корпусу, розміщено пожежний щит, укомплектований необхідним первинним пожежним інвентарем, включаючи вогнегасник, багор, лопату, лом та відро. Поруч зі щитом знаходиться ящик з піском об'ємом не менше 0,5 м³, що є додатковим засобом для гасіння невеликих загорянь. Регулярно проводяться перевірки справності всіх засобів пожежогасіння та стану евакуаційних шляхів, а також навчальні евакуації для відпрацювання дій персоналу у разі пожежі.

ВИСНОВКИ

У бакалаврській кваліфікаційній роботі було створено пристрій, який міг би підтримувати основні кліматичні параметри комфорту, а саме температуру та вологість повітря, в межах, оптимальних для процесів життєдіяльності людини. Поставлена задача була вирішена цифровими засобами радіотехніки. Це пов'язано із незупинним прогресом саме цифрової техніки. Основним елементом тут є мікроконтролер.

У роботі була описана суть технічної проблеми, яка постала на даному етапі розвитку техніки та технології, запропоновано варіанти вирішення поставлених задач та уточні технічні вимоги до розробки.

В ході виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи були вирішені технічні питання. Було обрано оптимальний варіант реалізації пристрою. Розроблено структурну схему пристрою, проведено електричні розрахунки каскадів пристрою та написано програмне забезпечення на мові високого програмного рівня Cі.

Були виконані конструкторські розрахунки та розроблено електричну схему пристрою, топологія друкованої плати та ескізне креслення встановлення елементів на друкованій платі. Працездатність розробленого радіoeлектронного блоку керування пристроєм клімат-контролю підтверджено шляхом комп'ютерного моделювання в пакеті програм Proteus.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bert Metz. Controlling Climate Change. Cambridge University Press, 2010. – 359 p.
2. Цирульник С. М. Проектування мікропроцесорних систем / С. М. Цирульник, Г. Л. Лисенко. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 201 с.
3. Internet of Things [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/Internet-of-Things-IoT>
4. Xiaomi Temperature and Humidity [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.mi.com/global/product/xiaomi-temperature-andhumidity-monitor-clock/>
5. Мікроконтролери AVR [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/AVR>
6. Muhammad Ali Mazidi. AVR Microcontroller and Embedded Systems: Using Assembly and C (Pearson Custom Electronics Technology) / Muhammad Ali Mazidi, Sarmad Naimi, Sepehr Naimi // Pearson. – 2010. – №1. – С. 792.
7. IoT Modules [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://sierrawireless.com>
8. Програмне забезпечення Fritzing [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://fritzing.org/>
9. Середовище розробки Arduino IDE [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.arduino.cc/software/ide-v1/tutorials/arduino-idev1-basics>
10. UART/USART [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.electronicwings.com/arduino/usart-in-arduino-uno>
11. Y. Jie, J. Y. Pei, L. Jun, G. Yun and X. Wei, "Smart Home System Based on IOT Technologies," 2013 International Conference on Computational and Information Sciences, Shiyang, China, 2013. pp. 1789-1791.10.1109/ICCIS.2013.468.

12. Serial.Peripheral.Interface. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Serial.Peripheral.Interface> (дата звернення: 30.04.2025).
13. Patrascu M. Integrating Services and Agents for Control and Monitoring, 2014. 544 с.
14. Dickson B. How to prevent your IoT devices from being forced into botnet bondage – 2015. – <https://techcrunch.com/2016/08/16/how-to-prevent-your-iot-devices-from-being-forced-into-botnet-slavery/> (дата звернення: 30.04.2025).
15. Jiang, Lei; Li, Jiaming; Luo, Suhui; West, Sam; Platt, Glenn (2012). Power Load Event Detection and Classification Based on Edge Symbol Analysis and Support Vector Machine. Applied Computational Intelligence and Soft Computing, 2012. 1–10. doi:10.1155/2012/742461
16. An Overview of Home Automation Systems– 2017. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7791223/> (дата звернення: 10.04.2025).
17. Що таке розумний будинок? Все що потрібно знати про систему Розумний Дім. URL: <https://bron.ua/article/schotake-rozumnij-budinok-vse-schopotrбно-znati-pro-sistemu-rozumnij-dm/5/> (дата звернення: 15.05.2025).
18. Розумне освітлення. URL: <https://milight.com.ua/ua/umnoe-osveshchenie/> (дата звернення: 23.05.2025).
19. Технологія розумного будинку: як AI створює простір, комфортний для життя. URL: <https://www.everest.ua/tehnologiya-rozumnogo-budynku-yak-aistvoryuye-prostirkomfortnyj-dlya-zhyttya/> (дата звернення: 19.05.2025).
20. Інженерна компанія Home Systems. URL: <https://homesystems.com.ua/> (дата звернення: 11.05.2025)
21. Д. Д. Татарчук, Ю. В. Діденко. Мікропроцесори та мікроконтролери:– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 238 с.
22. H. Yamauchi, Y. Izumi, K. Uchida, A. Yona and T. Senjyu, "Advanced Smart

House," 2012 IEEE 15th International Conference on Harmonics and Quality of Power, Hong Kong, China, 2012. pp. 130-135. 10.1109/ICHQP.2012.6381229.

23. Моніт Я.В. Система «Розумний будинок» з відкритим програмним забезпеченням. XIX науково-технічна конференція студентів та молодих учених «Гіротехнології, навігація, керування рухом та конструювання авіаційнокосмічної техніки», 15-16 лютого 2016 р. К.: «Політехніка», 2016. С. 43-44.

24. LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors. Literature Number: SNIS159B. Datasheet,PDF. URL: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/517588/TI1/LM35.html>

25. A. Zielonka, M. Woźniak, S. Garg, G. Kaddoum. "Smart Homes: How Much Will They Support Us? A Research on Recent Trends and Advances," in IEEE Access, vol. 9, pp. 26388-26419. 2021. URL: 10.1109/ACCESS.2021.3054575.;

26. Компанія POWER PROJECT. URL: <https://www.powerproject.com.ua>

(дата звернення: 15.05.2025).

27. Розумний будинок Xiaomi. URL: <https://miot.ua/rozumniy-budinok> (дата звернення: 19.05.2025).

28. U. Singh and M. A. Ansari, "Smart Home Automation System Using Internet of Things," 2019 2nd International Conference on Power Energy, Environment and Intelligent Control (PEEIC), Greater Noida, India, 2019. pp. 144-149. DOI: 10.1109/PEEIC47157.2019.8976842.

29. DS18B20Programmable Resolution1-WireDigital Thermometer. URL: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheetpdf/view/58557/DALLAS/DS18B20.html>

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

31. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України від 08 квітня 2014 року № 248.

32. ДСанПіН 3.3.2.007-98 Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ЕОМ - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/derzhavni-sanitarni-pravila-i-normi-roboti-z-vizualnimi-disp-nor4881.html>

33. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

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

35. ДНАОП 0.00-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://dnop.com.ua/dnaop/act3167.htm>

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

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

38. НАПБ А.01.001-14 Правила пожежної безпеки в Україні [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon.nau.ua/doc/?code=z1410-04>

39. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759

40. ДБН В.1.1.7-2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002..pdf

41. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI

Додаток А
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ
РАДІОЕЛЕКТРОННИЙ БЛОК КЕРУВАННЯ ПРИСТРОЄМ
КЛІМАТ-КОНТРОЛЮ

Виконав: студент 2(4)-го курсу, гр. РТ-23мс
спеціальності 172 «Електронні комунікації
та радіотехніка» ОП - («Радіотехніка»)

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Вельган А.А.

(прізвище та ініціали)

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

Осадчук О.В.

(прізвище та ініціали)

«11» 06 2025 р.

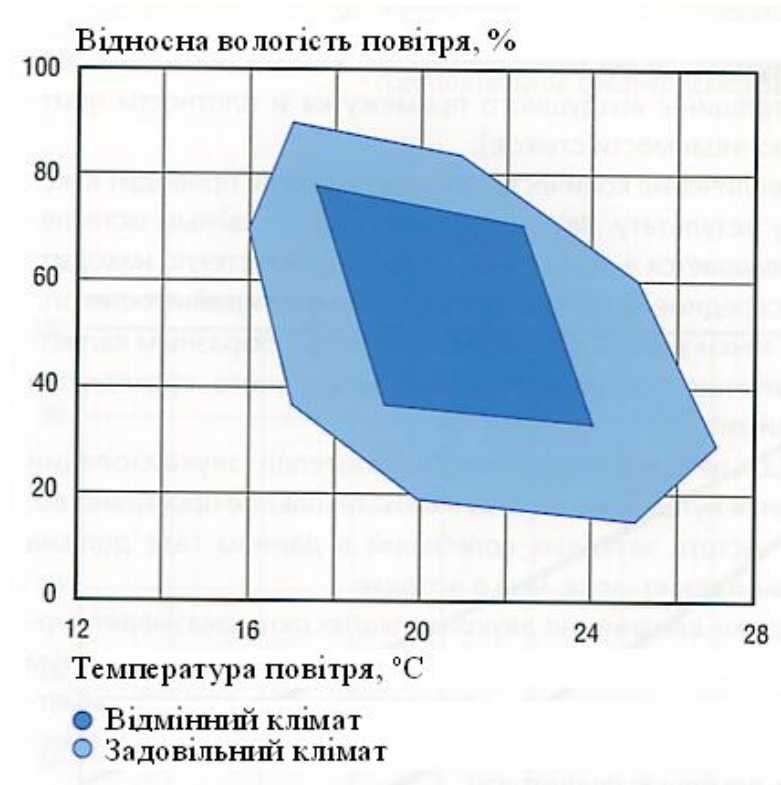


Рисунок 1 – Діаграма для визначення оптимальності клімату з урахуванням температури та відносної вологості

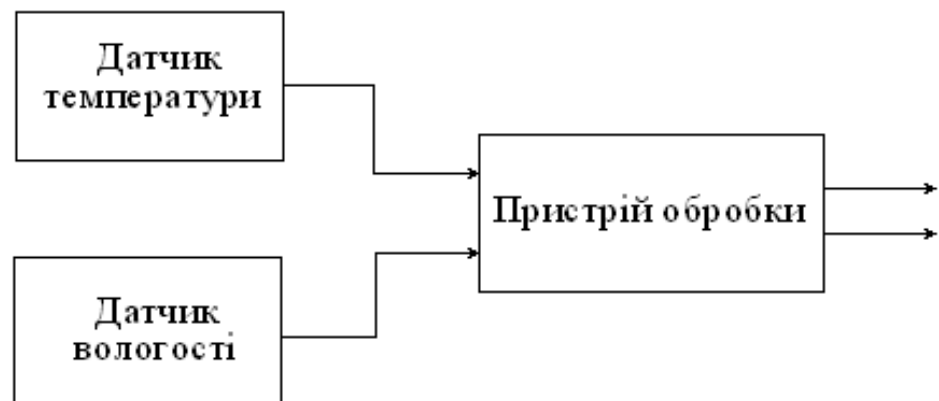


Рисунок 2 – Загальна структурна схема

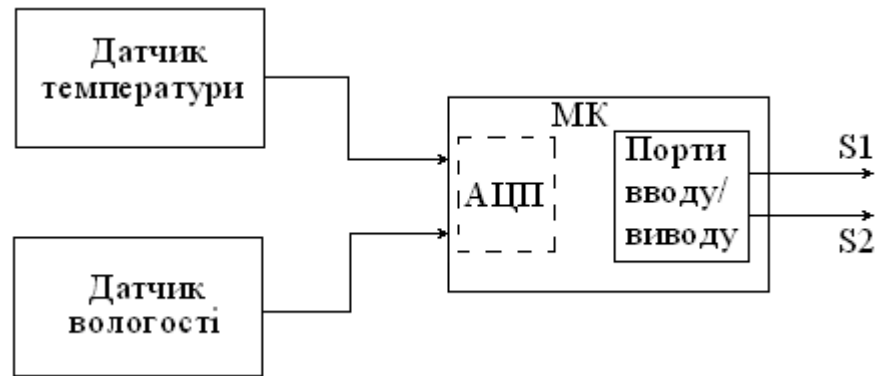


Рисунок 3 – Цифровий блок пристрою клімат-контролю

МК – мікроконтролер; АЦП – аналого-цифровий перетворювач; S1 та S2 – керуючі сигнали.

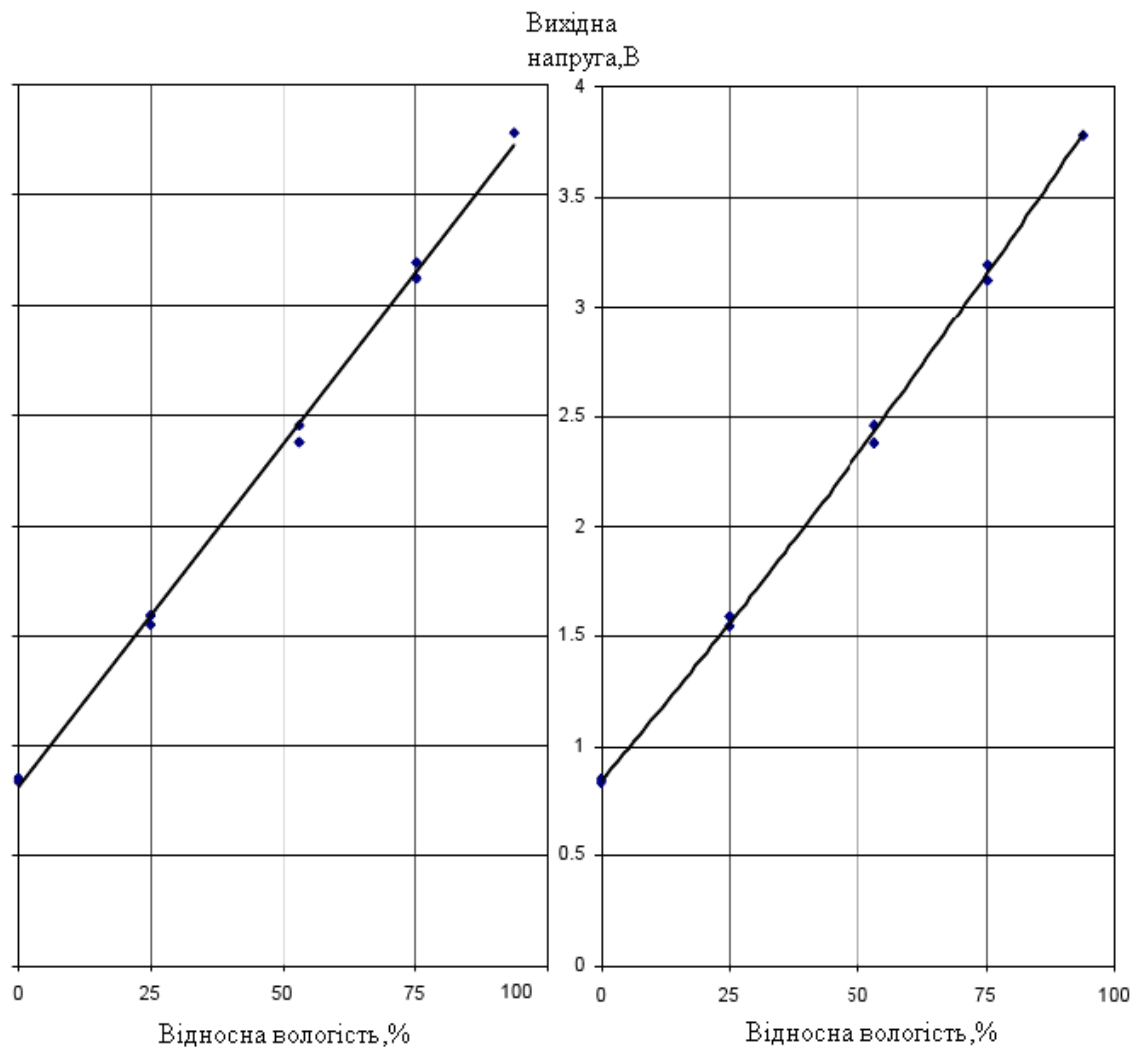


Рисунок 4 – Графік залежності вихідної напруги від відносної вологості повітря (НІН-4000, перша та друга крива)

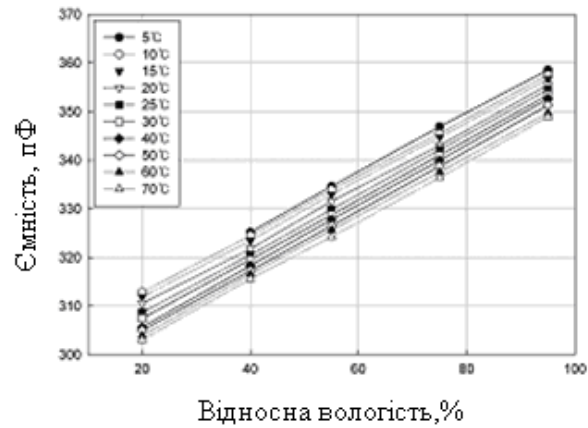


Рисунок 5 – Залежність величини ємності від відносної вологості при різних температурах(НСН-1000)

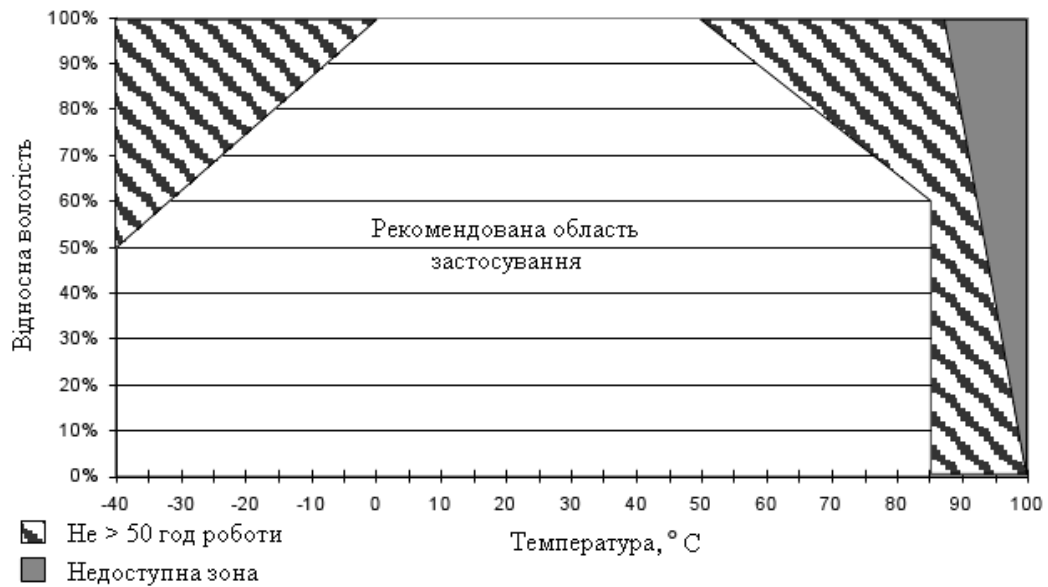


Рисунок 6 – Діаграма області застосування сенсора НІН-4000

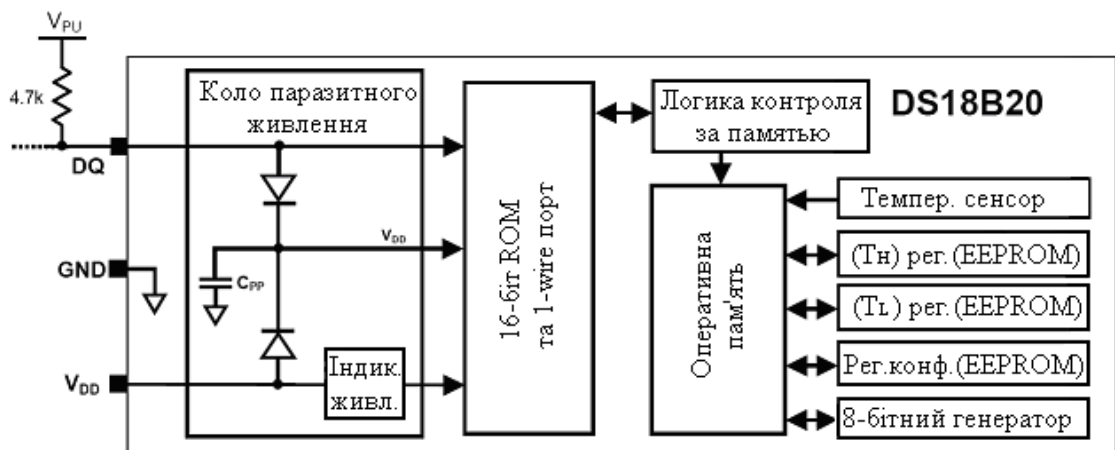


Рисунок 7 – Внутрішня структура мікросхеми DS18B20

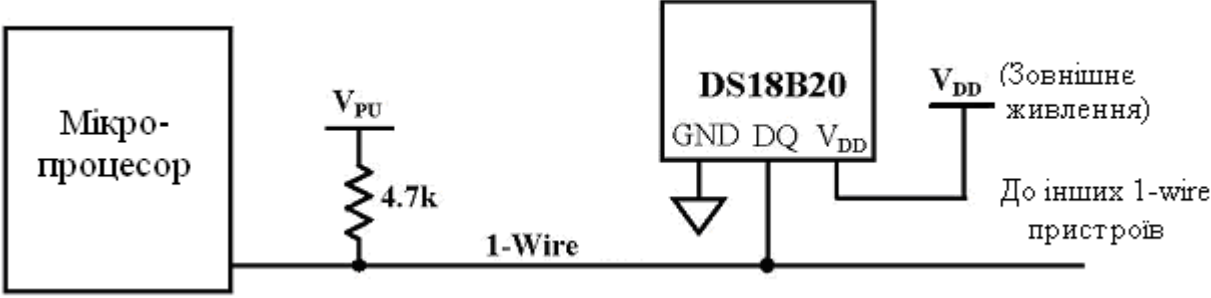


Рисунок 8 – Схема включення термодатчика в режимі зовнішнього живлення

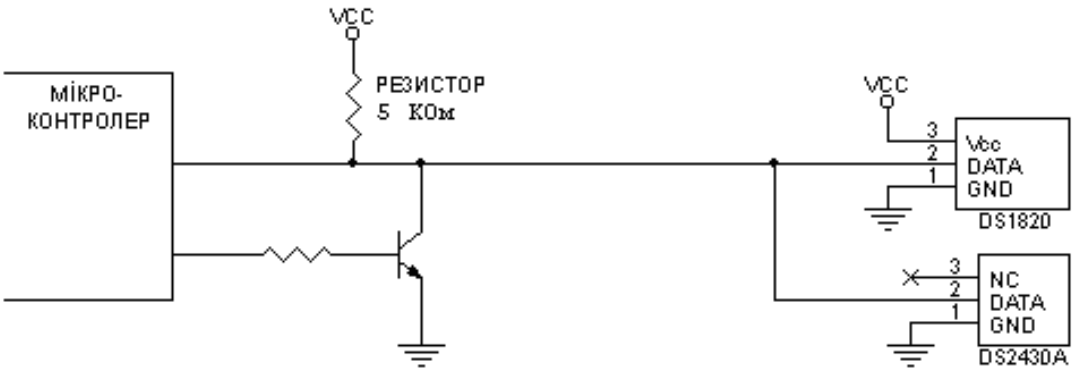


Рисунок 9 – Електрична схема мережі MicroLAN

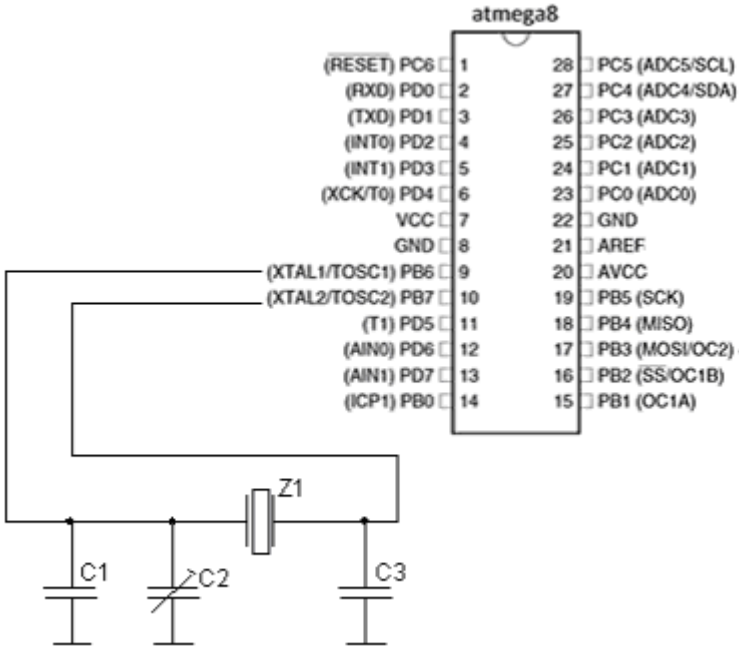


Рисунок 10 – Електрична схема опорного генератора

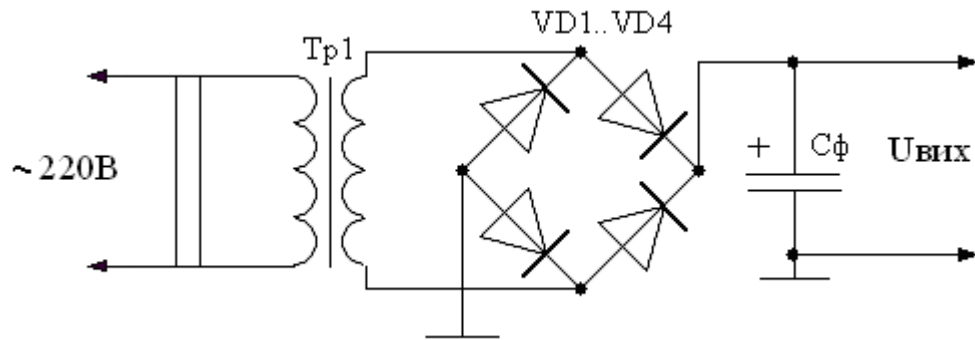


Рисунок 11 – Схема електрична принципова діодного моста

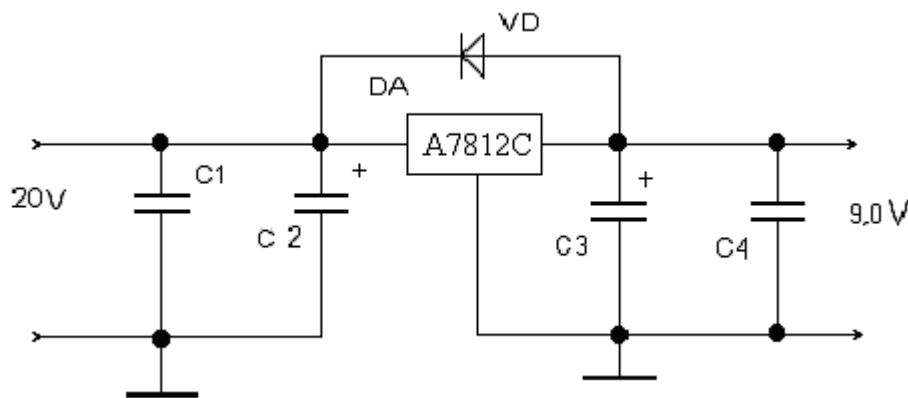


Рисунок 12 – Схема стабілізатора напруги

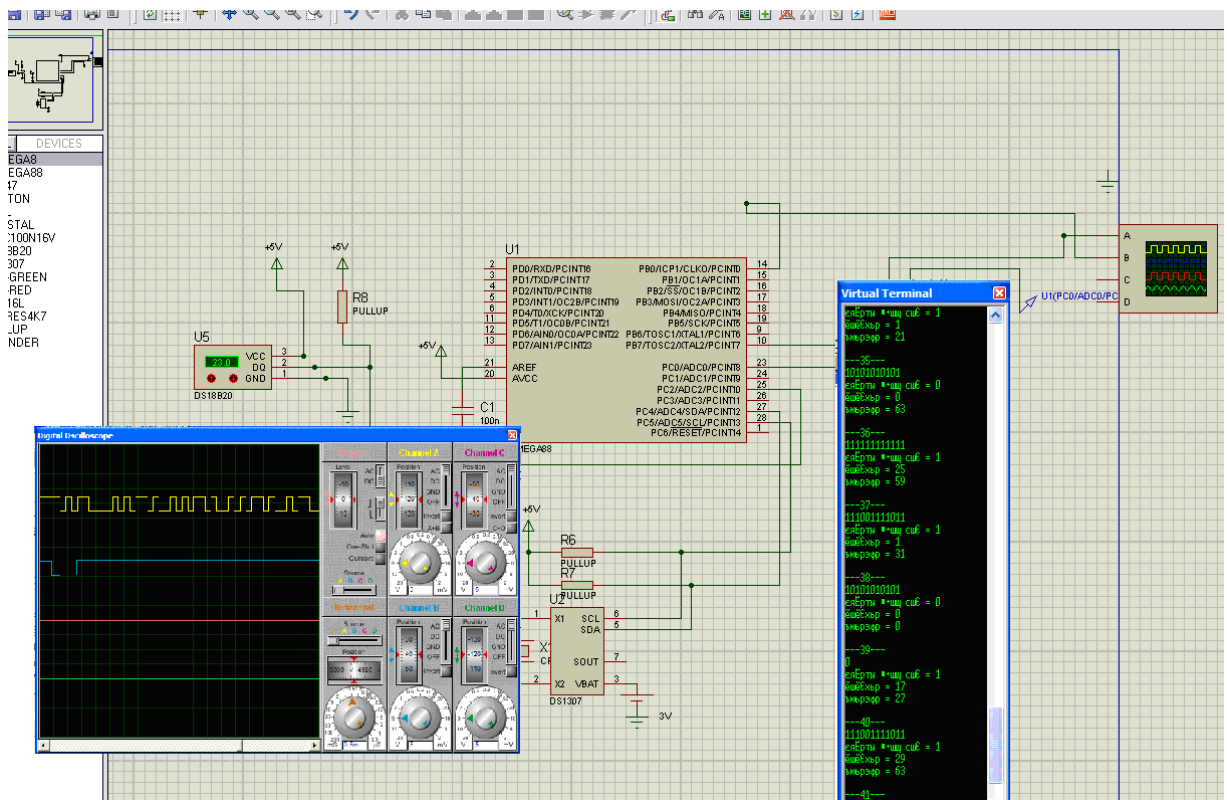


Рисунок 13 - Результат моделювання роботи пристрою в Proteus



Рисунок 14 – Блок-схема алгоритму роботи програми мікроконтролера

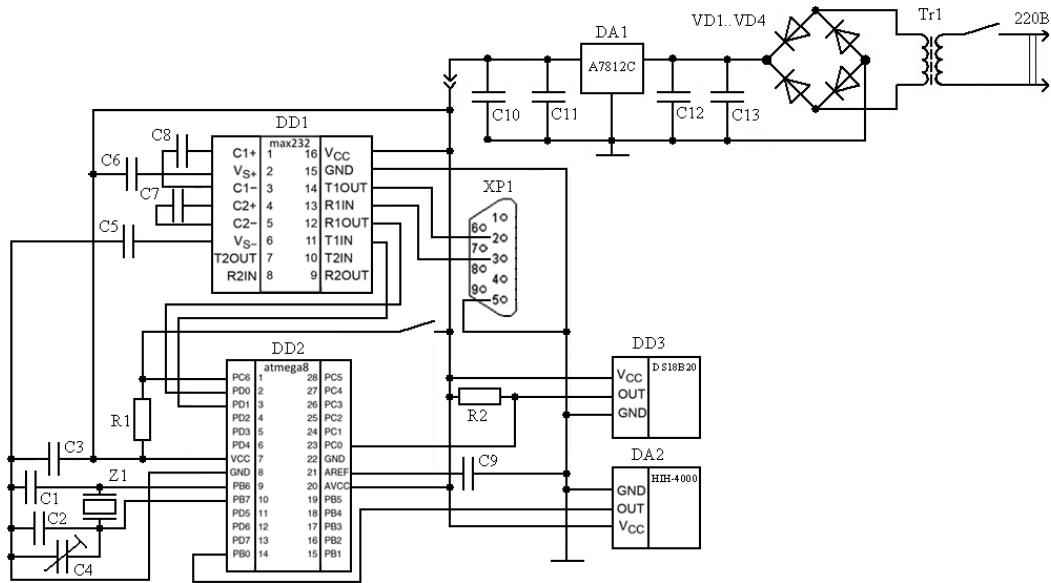


Рисунок 15 – Електрична схема радіоелектронного блоку керування пристроєм клімат-контролю

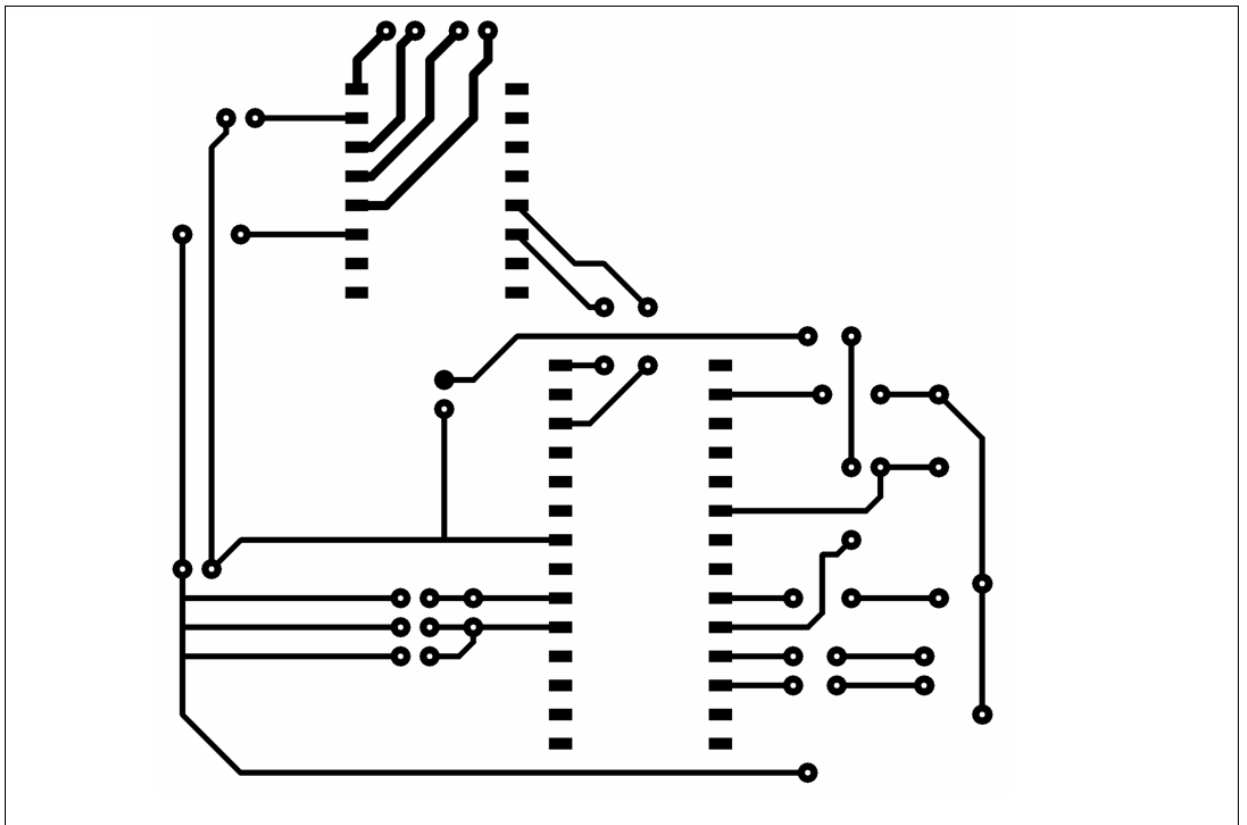


Рисунок 16 – Топологія друкованої плати блоку керування

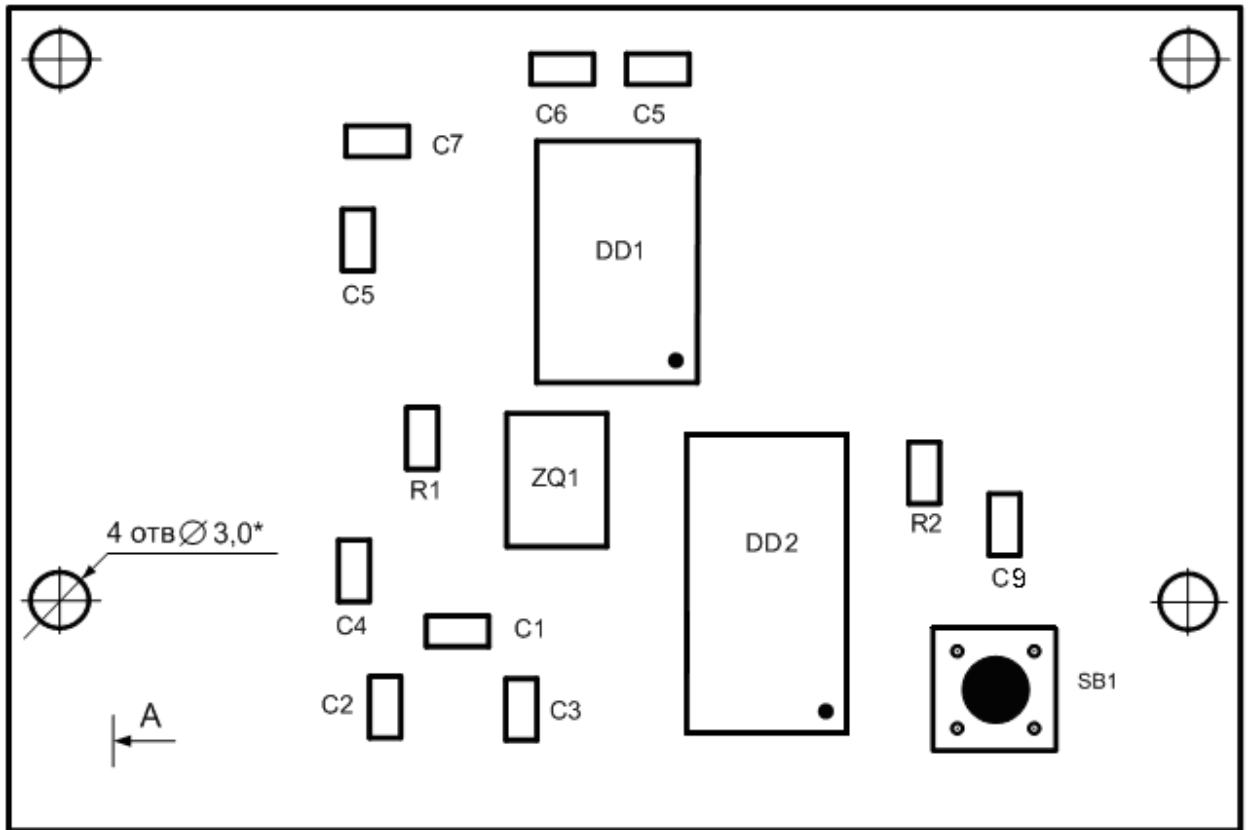


Рисунок 17 – Встановлення елементів на друкованій платі блоку керування

Додаток Б
(обов'язковий)

**ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (БАКАЛАВРСЬКОЇ)
КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

**РАДІОЕЛЕКТРОННИЙ БЛОК КЕРУВАННЯ ПРИСТРОЄМ
КЛІМАТ-КОНТРОЛЮ**

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: «Радіоелектронний блок керування пристроєм клімат-контролю»

Тип роботи: Бакалаврська кваліфікаційна робота
(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)
Підрозділ Кафедра ІРТС
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 12.04%

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- ☒ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- ☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- ☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

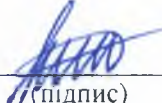
Експертна комісія:

Воловик А.Ю. – д.т.н., доцент каф. ІРТС
(прізвище, ініціали, посада)

Осадчук О.В. – д.т.н., професор, зав. каф. ІРТС
(прізвище, ініціали, посада)

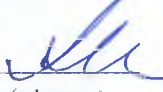

(підпис)

(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку 
(підпис)

Семенов А.О.
(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник  Осадчук О.В. – д.т.н., професор, зав. каф. ІРТС
(підпис) (прізвище, ініціали, посада)

Здобувач  Вельган А.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Додаток В
(довідниковий)

Лістинг програми

```
#include <avr/io.h>
#include <string.h>
#define F_CPU 3686400
#include <util/delay.h>
#include <stdlib.h>
#include <avr/interrupt.h>
#define BAUD 115200
#define MYUBRR F_CPU/16/BAUD-1

void initalize_USART( unsigned int ubrr){
    UBRRH = (unsigned char)(ubrr>>8);
    UBRL = (unsigned char)ubrr;
    UCSRB = (1<<RXEN)|(1<<TXEN);
    UCSRC = (1<<URSEL)|(0<<USBS)|(3<<UCSZ0);
}

void send_byte(unsigned char byt){
    while (!(UCSRA & (1<<UDRE)));
    UDR = byt;
}

void send_string(char * str) {
    while(*str) {
        send_byte(*str++);
    }
}
```

```

unsigned char read_byte(void) {
    while(!(UCSRA & (1<<RXC)));
    return UDR;
}

```

```

void initialize_ADC( void ){
    ADMUX=(1<<REFS0);
    ADCSRA=(1<<ADEN)|(7<<ADPS0);
}

```

```

int read_ADC(char ch){
    int n, av=64;
    unsigned int average_adc = 0;
    ADMUX |= (ch & 0x07);
    for(n=0; n<av; n++){
        ADCSRA |= (1<<ADSC);
        while( !(ADCSRA & (1<<ADIF)) );
        ADCSRA |= (1<<ADIF);
        average_adc += ADC;
    }
    average_adc /= av;
    return (int) average_adc;
}

```

```

int read_temperature( void ){
    int adc_value,temperature_value;
    PORTC |= (1<<PC1);
    _delay_ms(80);
    adc_value = read_ADC(0);
    PORTC &= ~(1<<PC1);
    temperature_value = 0.48828125 * adc_value - 273;
}

```

```

    return temperature_value;
}

void zero_counter( void ){
    sreg = SREG;
    cli();
    TCNT1 = 0;
    SREG = sreg;
    sei();
}

unsigned int read_counter( void ){
    unsigned char sreg;
    unsigned int count;
    sreg = SREG;
    cli();
    count = TCNT1;
    SREG = sreg;
    sei();
    return count;
}

int read_humidity( void ){
    unsigned int counter_value;
    int humidity_value;
    float m = 0.147929;
    float a = 427.515;

    zero_counter();
    PORTB &= ~(1<<PB1);
    TCCR1B |= ((0<<CS12)|(1<<CS11)|(0<<CS10));
    while((!(PINB & 1)) & (TCNT1<65000));
    TCCR1B &= ~((1<<CS12)|(1<<CS11)|(1<<CS10));

```

```

PORTB |= (1<<PB1);
counter_value = read_counter();
humidity_value = (m * counter_value) - a;
}

void delay_minutes( int delay ){
    int t;
    for (t = 0; t < (delay * 60); t++){
        _delay_ms(1000);
    }
}

int main( void ){
    char temperature_str[8];
    char humidity_str[8];
    int temperature;
    int humidity;

    initalize_USART( MYUBRR );
    initalize_ADC();
    DDRC |= (1<<DDC1);
    DDRB |= (1<<DDB1);
    PORTB |= (1<<PB1);
    while( 1 ){
        temperature = read_temperature();
        humidity = read_humidity();
        itoa(temperature,temperature_str,10);
        itoa(humidity,humidity_str,10);

        send_string(temperature_str);
        send_string(" degC");
        send_string(" ");

```



```
        send_string(humidity_str);
        send_string(" %RH");
    send_string("\r\n");

    _delay_ms(1000);
}
return 0;
}
```