

Хмельницький національний університет
Факультет програмування та комп'ютерних і телекомунікаційних систем
Кафедра комп'ютерної інженерії та системного програмування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Чотирьох-канальне реле часу для керування електричними приладами
на базі мікроконтролера

Назва теми


Галузь знань: 12 – Інформаційні технології

Спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: Комп'ютерна інженерія

Шифр: КвРКІ.170171.17.01.11 ПЗ

Виконав студент 4 курсу, група КІ-17-1


Підпис, дата

М.О. Ковтонюк

Ініціали, прізвище


Керівник


Підпис, дата

В.М. Стецюк

Ініціали, прізвище

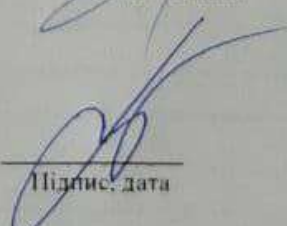
Нормоконтролер


Підпис, дата

С.М. Лисенко

Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
зав. кафедри комп'ютерної інженерії
та системного програмування,


Підпис, дата

Т.О. Говорущенко

Ініціали, прізвище

29 червня 20__ р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ПРОГРАМУВАННЯ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ І ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА СИСТЕМНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Освітній рівень БАКАЛАВР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма ОСВІТНЯ ПРОГРАМА «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Т.О. Говорущенко

" 11 " 01 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Ковтонюк Микола Олексійович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Чотирьох-канальне реле часу для керування електричними приладами на базі мікроконтролера

Керівник проекту (роботи) Стецюк В.М., старший викладач кафедри КІСП.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, місце зв'язку

Затверджена наказом ректора університету від 05.02.2021 р. № 11

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 07.06.2021 р.

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

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

Аналіз відомих рішень та засобів

Проектування реле часу на базі мікроконтролера





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

Схема електрична структурна

Схема електрична функціональна

Схема електрична принципова

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Лисенко С.М., професор кафедри КІСП		
Антиплагіат	Нічепорук А.О., доцент кафедри КІСП		

7. Дата видачі завдання « 11 » 01 2021 р.


КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Статус
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	11.01.2021	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2021	виконано
3	Робота над розділом 1 – аналіз відомих засобів та рішень	01.03.2021	виконано
4	Робота над розділом 2 – проєктування реле часу	01.04.2021	виконано
5	Робота над розділом 3 – реалізація реле часу на базі мікроконтролера	30.04.2021	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	31.05.2021	виконано
7	Попередній захист ВКР	02.06.2021	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2021 року	

Студент

Керівник проекту (роботи)


Підпис


Підпис

Ковтонюк М.О.
Інженер, проєктувальник

Стецюк В.М.
Інженер, проєктувальник

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Чотирьох-канальне реле часу для керування електричними приладами на базі мікроконтролера».

Автор роботи: *Ковтошок Микола Олексійович.*

Керівник роботи: *Стецюк Василь Миколайович.*

Пояснювальна записка: 59 с., 27 рис., 5 табл., 4 дод., 40 джерел.

Графічна частина: 7 презентаційних слайдів

ЧОТИРЬОХ-КАНАЛЬНЕ РЕЛЕ ЧАСУ

Метою даної роботи є проектування чотирьох-канального реле часу.

Об'єктом дослідження є реле часу.

Предметом дослідження є реле часу на базі мікроконтролера, його властивості та характеристики.

Практичне значення має проектування реле, яке буде керувати електронними пристроями.



Підпис студента

23.06.2021

Дата

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	4
ВСТУП.....	5
1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.....	7
1.1 Реле.....	7
1.2 Електричне реле.....	9
1.3 Електричне реле часу.....	12
1.4 Мікроконтролер.....	14
1.5 Реле часу на базі мікроконтролера.....	17
2 ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНО ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ.....	21
2.1 Частина реле.....	21
2.2 Апаратна частина.....	21
2.2.1 Вибір мікроконтролера та макетної плати.....	23
2.2.2 Вибір периферійних пристроїв.....	28
2.3 Програмна частина.....	33
3 РЕАЛІЗАЦІЯ ЧОТИРЬОХ КАНАЛЬНОГО РЕЛЕ ЧАСУ.....	38
3.1 Реалізація апаратної частини.....	38
3.1.1 Під'єднання до мікросхеми мікроконтролера.....	38
3.2 Реалізація програмної частини.....	46
3.3 Матеріальні витрати.....	52
3.4 Можливі покращення.....	53
3.4.1 Шляхи покращення апаратної частини.....	53
3.4.2 Шляхи покращення програмної частини.....	54
ВИСНОВКИ.....	56
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	57
ДОДАТОК А Лістинг програмного коду.....	60
ДОДАТОК Б Копія креслення «Структурна схема».....	63

КВРКІ.170171.17.01.11 ПЗ				
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
Виконав		Ковтонюк М.О.		14.06.2010
Перевір.		Стежок В.М.		23.02.11
Н.контр.		Лисенко С.М.		
Затверд.		Говорушенко Т.О.		29.06
4-канальне реле часу для керування електричними приладами на базі мікроконтролера.				
		Літера	Аркуш	Аркушів
			2	54
ХНУ, КІ-17-1				

ДОДАТОК В Копія креслення «Функціональна схема» 64

ДОДАТОК Г Копія креслення «Принципова схема»..... 65

					КВРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
						3
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

NOTC – нормально розімкнутий, замкнутий з часом контакт реле

NCTO – нормально замкнутий, розімкнутий з часом контакт реле

NOTO – нормально розімкнутий, розімкнутий з часом контакт реле

NCTC – нормально замкнутий, замкнутий з часом контакт реле

IoT – інтернет речей

					КВРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		4

ВСТУП

Дослідження останніх років показує стійку тенденцію розвитку інформаційних технологій та такі які в подальшому будуть повністю або частково автоматизовані. Зокрема це сталося завдяки винайденню реле часу. Реле часу надає користувачам безліч можливостей, починаючи від простого ввімкнення або вимкнення пристрою до складніших систем керування послідовністю роботи підключених пристроїв.

Чим далі розвивається галузь інженерії, тим далі електронні реле починають замінювати решту, оскільки простір ідей для використання електронних реле в електротехніці безмежний: їх можна використати в проектах будь-якої складності: від простих проектів, для власного ознайомлення з електротехнікою, таких як програма для мигання світлодіодів, до складних, в яких може використовуватись велика кількість електронних компонентів.

Об'єктом розгляду є електронне реле часу.

Метою кваліфікаційної роботи є розроблене реле часу на базі мікроконтролера, яке призначене для затримки сигналів керування, що надходять до пристроїв і може використовуватись для забезпечення правильної послідовності ввімкнення або вимкнення приладів, підключених до системи, побудованої за допомогою реле.

Завданням на кваліфікаційну роботу є аналіз матеріалів та подальша розробка реле часу

Актуальність теми роботи полягає у необхідності розробки реле часу, реалізація якого дасть можливість керування роботою її елементів схеми в автоматичному режимі.

Предметом розгляду в кваліфікаційній роботі є реле часу

Завданнями роботи є:

- 1) дослідити процедури функціонування реле часу;
- 2) провести теоретичний аналіз сфери електроніки;
- 3) охарактеризувати структуру предметної області та базову модель реле часу;

					КвРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		5

4) описати уже існуючі механізми реалізації, виділити наявні проблеми в галузі та шляхи їх вирішення;

5) на основі проведених досліджень визначити основні функції системи, сформулювати низку функціональних та нефункціональних вимог, розробити модель функцій, які система повинна виконувати;

6) підвести підсумки про необхідність розробки системи;

7) сформулювати об'єкт та мету для наступних досліджень;

8) оцінити ступінь виконання поставлених завдань.

					КВРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Реле

Реле – досить обширна частина інженерної справи, яка дуже багата різноманіттям видів. За рахунок того, що реле має багато видів, його використання можлива майже в будь-якій сфері людської діяльності. Принцип дії реле заключається у реагуванні на зовнішній чинник і перехід із одного стану в інший за умови виконання. Як правило реле може знаходитись в двох станах: збудженому та не збудженому, тобто електричне коло, до якого підключене реле може бути замкнутим та розімкнутим відповідно.

В загальному вигляді реле складається з таких частин:

- 1) релейний елемент;
- 2) група контактів.

Релейний елемент відповідає за реакцію на рівень струму на входах та передачу на виходи.

Контакти відповідають за передачу сигналу, який отримали від релейного елемента до решти пристроїв.

Реле поділяються на:

- 1) теплові;
- 2) механічні;
- 3) електричні;
- 4) акустичні;
- 5) сигналізації;
- 6) захисту;
- 7) комунікації.

Теплові реле знайшли собі застосування в системах автоматичного керування в якості пристроїв, які реагують на температуру, та при отриманні на вхід температури, на яку налаштоване реле, замикає або розмикає контакти. Що можна використовувати наприклад в системах клімат контролю та кондиціонерах,

					КвРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		7

які реагують на те, чи знаходиться температура в межах оптимальної і за умови, коли температура не в межах, замикають контакти, які йдуть до охолоджувального елемента або до елемента нагрівання.

Для акустичних реле зовнішній чинник є акустичні коливання, реле перевіряє частоту, тиск звуку. Акустичні реле мають місце в системах для розпізнавання звуку, системах керування світлом, для систем, які використовуються для охорони об'єктів.

Механічні реле, характеристикою яких є реагування на механічні величини, таких як швидкість, прискорення, сила, потужність. Застосувань для механічних реле є безліч: від простих систем для перевірки механічних параметрів до складних пристроїв для систем захисту.

На основі реле захисту будуються системи захисту, основною задачею якої є підтримання робочого стану електроенергетичної системи шляхом реагування на несправності, що виникають в процесі роботи системи, адже якщо проблеми не усунути вчасно, вони можуть спричинити проблему не лише для вузла, де виникла несправність, а ще й для всієї системи. Окрім захисного реле в схемі системи релейного захисту ще наявні такі електронні елементи:

- 1) трансформатор;
- 2) акумулятор;
- 3) лінії зв'язку;
- 4) автоматичні вимикачі.

Реле захисту в схемі призначене для перевірки стану системи і при отриманні стану, що не притаманний для правильно працюючої системи, початку реагування та виправлення ситуації.

Акумулятор використовується для забезпечення безперебійного живлення для системи, в умовах зникнення струму.

Трансформатор в схемі потрібен для того, щоб знизити високу напругу до потрібного для реле рівня.

Автоматичні вимикачі потрібні для системи, щоб, відповідно до команд від реле, перезапустити або вмикати чи вимикати живлення системи.

					КвРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		8

За допомогою ліній зв'язку система отримує дані про рівні струму та напруги на віддалених ділянках ліній.

За способом впливу на електричне коло, реле поділяються на контактні та безконтактні:

Контактне реле впливає на коло шляхом замикання або розмикання контактів, які допомагають замкнути або розімкнути електричне коло. Контактне реле характеризуються низькою вартістю, простотою виготовлення, при виході з ладу контактне реле залишаються в розімкнутому стані. До недоліків такого виду реле належать: чутливість до умов використання, менша швидкодія.

Безконтактне реле в свою чергу керують колом шляхом різкої зміни рівня напруги або інших параметрів електричного кола. Безконтактне реле на відміну від контактних відрізняються вищою надійністю, чутливістю, довговічністю, за рахунок відсутності рухомих частин та контактів, які при ввімкненні та вимкненні частково зношуються. До мінусів безконтактних реле можна віднести те, що вони можуть відреагувати на стрибок напруги як на отримання контролюючого сигналу, через те, що створює додатковий опір у відкритому стані може нагріватись.

1.2 Електричне реле

Електричне реле – реле, зовнішнім чинником для яких є керуючий сигнал. Після отримання керуючого сигналу електричне реле часу, на котушку подається більша напруга, через неї проходить більша кількість струму, що є причиною проходження більшої кількості струму по контактах.

Електричне реле застосовується в багатьох ситуаціях, де потрібно забезпечити керування електричними пристроями, навіть за високих напруг та струмів. При проведенні ліній електропередач реле часу використовується в якості перемикача живлення змінного струму, отримуючи сигнали управління ізольованими.

Можна знайти безліч використань для електричних реле, які є дуже популярними в таких сферах як автомобілебудування, виготовлення медичних

					КвРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		9

пристроїв, побудова енергетичних систем. Електричне реле можна використати в якості частини “розумного” будинку. За допомогою електричного реле можна створити систему, яка буде реагувати на звуки та у відповідь вмикати світло.

В статті [9] автор описує електричні реле починаючи від історії їх винайдення та продовжуючи їх складом та застосуванням.

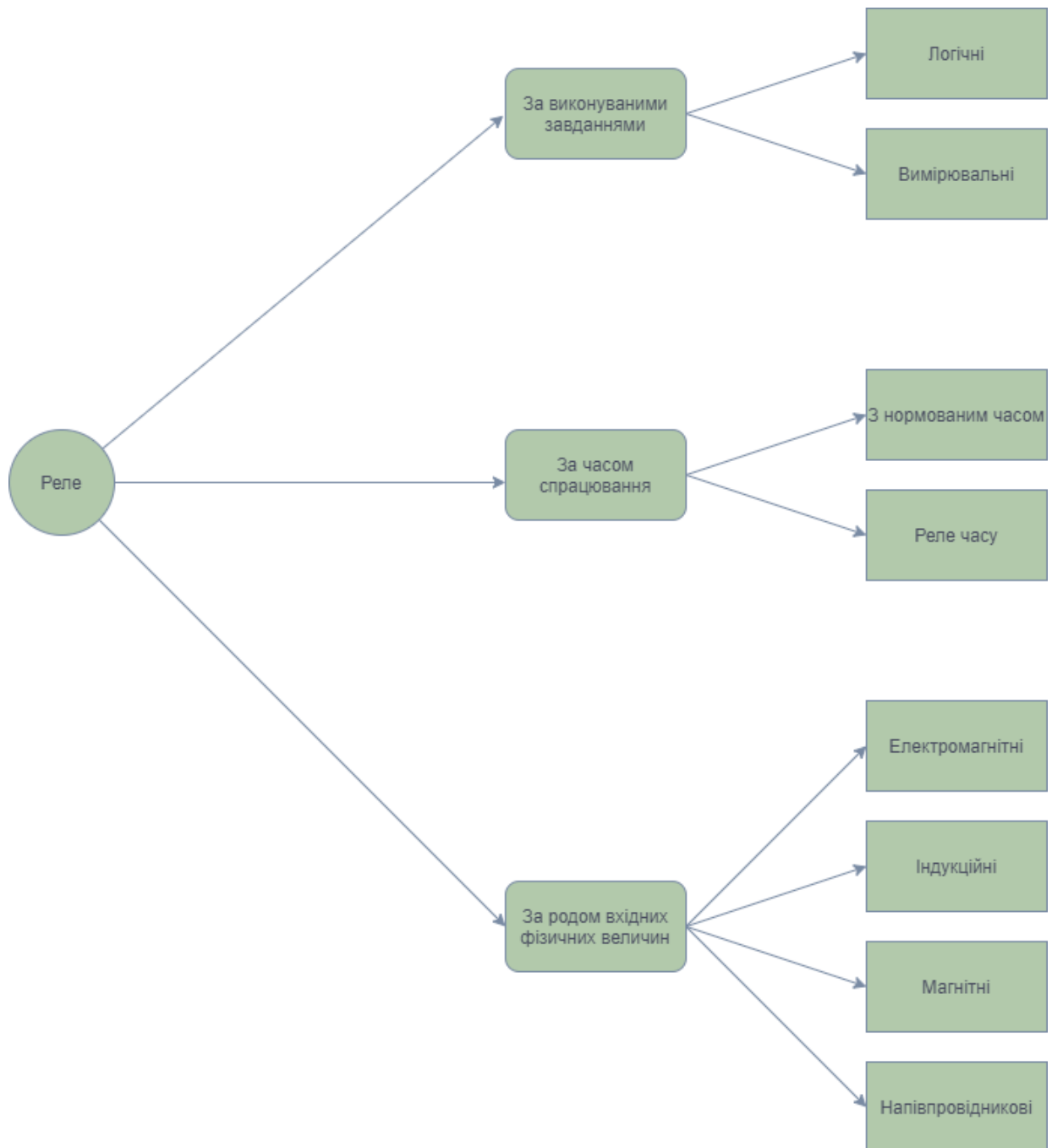


Рисунок 1.1 – Види електричних реле

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Відповідно до рисунку 1.1 електричне реле можна поділити на види, за різними факторами:

За виконуваними завданнями електричні реле можна поділити на логічні та вимірювальні. Вимірювальні реле працюють з встановленими порогами величин, на які воно реагує і спрацьовують після отримання на входах цих значень. Логічні реле потрібні для створення затримки, посилення та розмноження сигналів.

За часом спрацювання електричні реле поділяються на реле з нормованим часом спрацювання та реле часу. Реле з нормованим часом після надходження керуючого сигналу починають працювати відразу. Реле часу починає перемикати стан контактів тільки після затримки.

За родом вхідних величин електричні реле можна поділити на електромагнітні, індукційні, магнітні, напівпровідникові.

Електромагнітні реле характеризується тим, що реле переходить з одного стану в інший за допомогою електромагнітного поля. Процес роботи такого виду реле полягає в тому, що котушка, при проходженні через неї струму, починає розповсюджувати електромагнітне поле, що впливає на арматуру, яка в результаті замикає контакти. В статті [5] детально описана структура електромагнітного реле, його призначення, наочно показаний принцип дії. Електромагнітне реле є чутливим до магнітного поля, сильне магнітне поле може навіть вивести його з ладу. В статті [6] авторами проведено дослідження впливу збурюючого магнітного поля на електромагнітне реле та запропоновано метод вирішення цієї ситуації.

Принцип роботи індукційних реле полягає в тому, що перебуваючи під впливом змінних магнітних полів, диск починає обертатись в напрямку зміни магнітного поля; на визначеному виробником куті розташовуються контакти, тобто при досягненні відповідного крутного моменту контакти переходять в замкнутий стан. Для того, щоб перевести контакти в розімкнутий стан в реле встановлена пружина, яка протидіє крутному моменту і при умові, що сила натягу вища, розмикає контакти, повернувши диск в зворотню сторону. В статті [7] автор аналізує поведінку індукційних реле перевантаження, описує перевірену дослідниками модель для симуляції пристрою.

					КвРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
						11
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Принцип роботи напівпровідникових реле заключається в перетворенні вхідного електричного сигналу в оптичний та подальшому перетворенні оптичного сигналу в електричний і передачі до наступних елементів схеми. В статті [8] розглядається інноваційне рішення щодо двонаправлених вимикачів, аналізується їх релевантність, проводиться проектування та введення в експлуатацію для заміни електромеханічних реле в побуті.

1.3 Електричне реле часу

За видом сповільнювання електромеханічні реле часу поділяються на:

- 1) реле часу з пневматичним сповільнювачем;
- 2) реле часу з годинниковим механізмом;
- 3) реле часу з механічним сповільнювачем;
- 4) електронні реле часу.

Реле часу з пневматичним сповільнювачем характеризується тим, що для сповільнення використовується спеціальний компонент – пневматичний демпфер, який можна сконфігурувати для створення необхідної затримки шляхом регулювання перерізу отвору дроселя, що використовується для подачі повітря. Такий вид сповільнення надає невисоку точність спрацювання, яка становить від -10% до +10% від встановленого значення.

Реле часу з годинниковим механізмом характеризуються тим, що для сповільнення використовується механізм, що складається з електромагніту та пружини. Щоб налаштувати затримку потрібно встановити потрібні значення пластиковими перетинками циферблату. Цей вид сповільнення як і попередній забезпечує точність спрацювання від -10% до +10% від встановленого значення.

Реле часу з механічним сповільнювачем складається з таких компонентів як мотор, редуктор, муфта, контакти. Це реле працює на основі того, що рух шестерень мотору спричиняє до механічного натиснення на важіль, який в свою чергу замикає контакти.

Принцип роботи затримки в електронних реле часу полягає в тому, що реле підраховує кількість імпульсів, згенерованих генератором сталих імпульсів. За

					КвРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		12

допомогою налаштування лічильника імпульсів на певне значення, можна задати відповідну затримку.

Розглянемо найпростіший варіант електричного реле з електромагнітною затримкою, який складається всього з трьох простих компонентів: котушки, якоря, контактів. Для створення необхідної для вирішення прикладної задачі затримки можна скористатись одним з чотирьох видів затримок для реле часу, який найкраще підходить для вирішення проблеми:

- 1) NOTC;
- 2) NCTO;
- 3) NOTO;
- 4) NCTC.

NOTC (нормально розімкнутий, замкнутий з часом), який характеризується тим, що поки реле знаходиться в початковому стані, контакти розімкнуті, затримка виникає в момент, коли через котушку протікає електричний струм.

NCTO (нормально замкнутий, розімкнутий з часом), особливістю якого є те, що реле, знаходячись в початковому стані має замкнуті контакти, контакти розмикаються після затримки, яка вмикається коли через котушку перестає протікати електричний струм.

NOTO (нормально розімкнутий, розімкнутий з часом), який в початковому стані має розімкнуті контакти, контакти розмикаються після запуску затримки після початку протікання струму через котушку.

NCTC(нормально замкнутий, замкнутий з часом), в початковому стані характеризується замкнутими контактами, після затримки, яка виникає після завершення проходження струму через котушку, контакти замикаються.

					КВРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		13

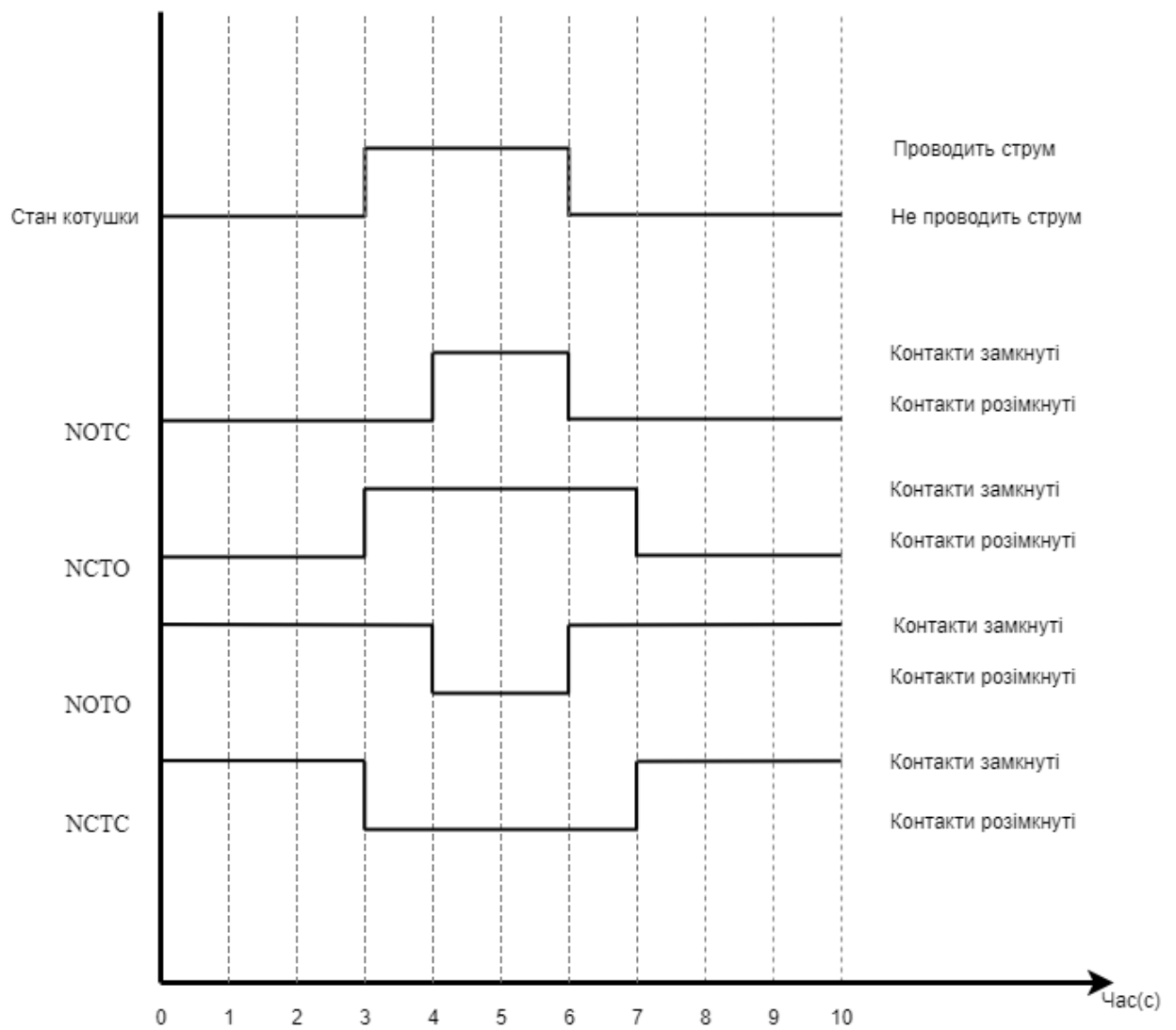


Рисунок 1.2 – Часова діаграма затримки часу для видів реле

На рисунку 1.2 наведена часова діаграма із реакцією контактів на стан котушки. Контакти реле NOTC, NOTO та NCTO, NCTS попарно мають протилежні графіки, що дає змогу ретельніше вибрати який з них використати для конкретної задачі.

1.4 Мікроконтролер

Мікроконтролер - спеціалізований комп'ютер, призначений для специфічних задач, які вимагають від обчислювального пристрою відповідних параметрів енергоспоживання та розмірів. За допомогою мікроконтролерів

вирішуються задача управління електронними пристроями. На рисунку 1.3 наведені основні види мікроконтролерів.

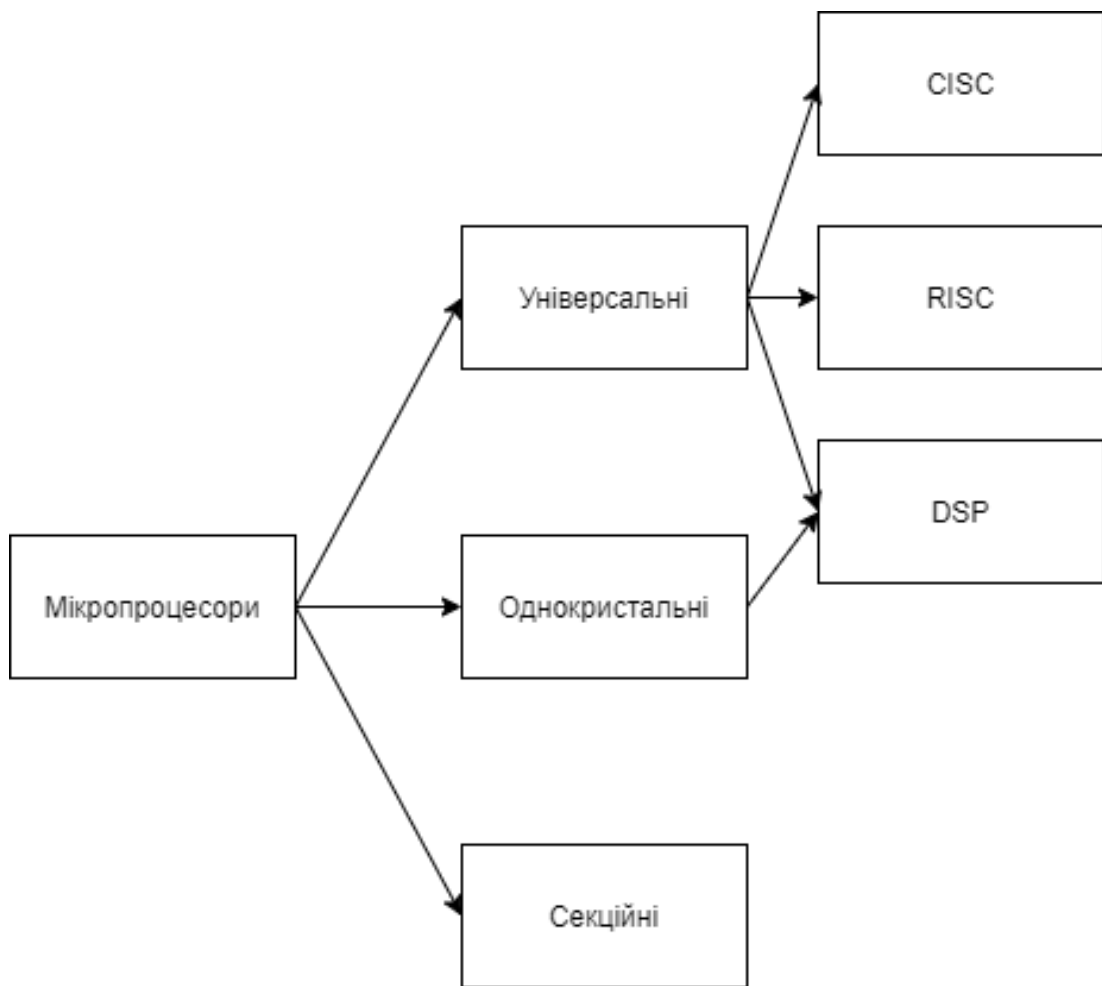


Рис 1.3 – Види мікропроцесорів

Таблиця 1.1 – Порівняння архітектур RISC та CISC

Характеристика	RISC	CISC
Швидкодія	Швидші інструкції	Повільніші інструкції
Енергоспоживання	Низьке енергоспоживання	Високе енергоспоживання
Набір інструкцій	Невелика кількість	Розширений набір
Характеристика	RISC	CISC

Кінець таблиці 1.1 – Порівняння архітектур RISC та CISC

Характеристика	RISC	CISC
Важкість програмування	Важко програмувати	Відносно простий для програмування
Використання	В смартфонах, мікроконтролерах	В комп'ютерах

Мікроконтролери, за рахунок менших розмірів в порівнянні з іншими пристроями, що містять в собі процесор звичайного розміру, можуть бути використані в якості вбудованих пристроїв в певній системі.

В статті [4] розбирається відмінність мікрокомп'ютера від мікроконтролера, коротко пояснюється тема RISC та CISC.

Мікроконтролери можна поділити за архітектурами, на яких вони побудовані, серед яких основними є:

- 1) ARM – 32-бітна архітектура мікроконтролерів;
- 2) AVR – 8-бітна архітектура мікроконтролерів;
- 3) AVR32 – 32-бітна архітектура мікроконтролерів;
- 4) Nios I – 16-бітна архітектура мікроконтролерів;
- 5) Nios II – 32-бітна архітектура мікроконтролерів.

ARM – архітектура мікроконтролерів, розроблена компанією ARM Limited на основі архітектури RISC, характеризується тим, що має багато інструкцій, широко використовується в створенні смартфонів, калькуляторів, годинників. Детальніше про мікроконтролери з цією архітектурою можна дізнатись з джерела [1], де автор описує мікроконтролери, побудовані на базі процесорів ARM, процесорні ядра Cortex-M, Cortex-R, Cortex-A. Велика увага в главі приділяється архітектурі та особливостям сімейства мікроконтролерів STM32F407 на базі процесорів ARM, зокрема особливості, які описані в главі: тактова схема, організація пам'яті, схема вводу-виводу.

AVR та AVR32 – архітектури мікроконтролерів, розроблені компанією Atmel, також є поліпшенням архітектури RISC, але на відміну від неї має розширений набір команд. AVR використовується в різних проектах: від

робототехніки до супутникових навігаційних систем. Про архітектуру AVR можна детальніше прочитати в статті [2], де автори розписують не тільки про мікроконтролери сімейства Atmel AVR, деталі реалізації двох проектів на базі ATmega644PA, а ще й плюси використання мікроконтролерів замість інших пристроїв.

NIOS I та NIOS II - мікропроцесорні архітектури, розроблена компанією Altera, особливостями є те, що для процесора NIOS II є 3 версії, що забезпечують надзвичайну гнучкість для вибору:

- 1) Nios II/f (fast) забезпечує вищу швидкість виконання програми;
- 2) Nios II/e (economy) використовується для незатратних задач;
- 3) Nios II/s (standard) є компромісом між попередніми версіями.

В статті [3] автором описано як влаштований мікропроцесорна архітектура NIOS II та його можливі застосування в таких областях, як біомедицина та системи управління.

Всі вищеперераховані архітектури мікроконтролерів базуються на архітектурі RISC, по тій причині, що для роботи мікроконтролерів, які розраховані на напругу живлення, в залежності від серії, в межах від 1.8 до 5 Вольт відповідно потребують процесор з низьким енергоспоживанням, що пропонується архітектурою RISC, в поєднанні з швидкістю інструкцій робить мікроконтролер придатним для швидкої обробки сигналів.

1.5 Реле часу на базі мікроконтролера

Для програмування мікроконтролера можна також скористатись видами контактів, описаними в розділі 1.3, але реалізувати їх на програмному рівні.

В прикладі, показаному в статті [10] розглядається побудоване на базі Arduino реле захисту від перевантаження. В цьому рішенні обраним мікроконтролером є пристрій Arduino Nano за рахунок простоти та невеликих розмірів контролера. В якості мови програмування обрана мова C++ тому, що для програмування мікроконтролерів Arduino обирається переважно ця мова програмування та для Arduino розроблене спеціальне інтегроване середовище

					КвРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		17

розробки для цієї мови. Рішення щоб розробляти реле на базі мікроконтролера прийняте по тій причині, що за допомогою програмування можна досягнути високої гнучності, надійності, швидкість роботи. Реле, що вийшло в результаті реагує на перевищення рівня струму, заданого регулятора та при отриманні рівня струму, вищого за допустимий, розмикає контакти, таким чином припиняє проходження струму по електричному колу. Дане реле було протестоване в багатьох дослідах, тому можна зробити висновок про правильність його роботи.



Рис. 1.4 – Алгоритм роботи реле перевантаження

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

В рідких випадках в системі застосовується одне реле, в основному для забезпечення коректності роботи системи потрібно не лише одне реле, а ціла система реле. Але для того, щоб забезпечити правильність роботи системи, потрібно координувати всі реле. На даний момент алгоритми координації реле досить швидко працюють, але технології не стоять на місці, тому з'являються нові алгоритми, що мають вищу швидкодію ніж попередні. В статті [11] розповідається про оптимізацію алгоритму координації реле. Принцип дії алгоритму заснований на поліпшеному «бджолиному» алгоритмі там модифікації загальноприйнятої функції за допомогою гнучких часових інтервалів координації та контролюючих сигналів. Результатом розробки є алгоритм, що працює на 50 відсотків за алгоритми, описані в попередніх дослідженнях.

В статті [12] описується реле яке базується на мікроконтролері Arduino Uno. При проектуванні реле було використане програмне забезпечення Proteus, що дає змогу моделювати електронні схеми. Дане реле, в порівнянні з реле, описаним в статті [10] визначає не тільки перевантаження, а ще й низький та високий рівень напруги. Дане реле розроблялось для вирішення проблеми виникнення несправності енергосистем при роботі з занадто високими та занадто низькими струмами. Реле було протестовано для багатьох випадків, тому можна зробити висновок про правильність роботи пристрою.

Виходячи з досліджень наведених в вищеперечислених прикладах, можна зробити висновки про позитивні моменти розробки реле на базі мікроконтролера:

- 1) економія елементів;
- 2) легкозамінність;
- 3) надійність;
- 4) відносна простота;
- 5) модульність периферії мікроконтролерів.

Одним з плюсів програмування реле часу на мікроконтролері можна відмітити те, що можна з легкістю запрограмувати потрібну затримку для контактів. Завдяки мікроконтролеру можна зекономити на деталях, так як можна легко запрограмувати комбінацію затримок після поступання керуючого сигналу,

					КвРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		19

для обробки якого за допомогою окремих реле часу з аналогічною затримкою потрібно було б з'єднати між собою послідовно від двох реле.

Плюсом побудови реле часу саме на мікроконтролері є той момент, що програма, яку виконує мікроконтролер є легкозамінною; при знайденні проблеми в програмі, з легкістю можна буде переписати її та записати нову версію на мікроконтролер.

За допомогою мікроконтролера, для якого всі елементи були дуже детально протестовані та рідко дають збій можна розробити надійніший пристрій ніж розробка пристрою на електронних елементах, при з'єднанні яких можна допустити помилку.

Для програмування мікроконтролера поріг входу нижчий ніж для схемотехніки.

Плюсом програмування мікроконтролера також є те, що для мікроконтролерів розроблюються модулі, які можна використовувати в різних комбінаціях, тому для розробленого реле можна, наприклад, підключити модуль для розпізнавання звуку та розпізнавання руху, в результаті вийде реле часу і звуку одночасно.

Але для розробки реле на базі мікроконтролера існують також мінуси:

- 1) відносно висока ціна;
- 2) великий набір функцій, які можуть не знадобитись.

Ціна на прості електронні елементи нижча ніж ціна на мікроконтролер, тому для проектів, які не потребують високих можливостей, які може надати мікроконтролер, краще скористатись простими електронними елементами.

Мікроконтролер зазвичай має великий набір функцій, які для проектування реле не завжди потрібні, тому для таких випадків проектування на базі простих електронних елементів буде кращим вибором.

					КВРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
						20
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2 ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНО ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ

2.1 Частини реле

Для проектування пристрою в випадку реле на базі мікроконтролера розробка складається з двох частин: апаратної та програмної. Дуже велику роль для побудови пристрою грає саме апаратна частина, тому що функціонал всієї системи обмежується лише нею. В залежності від того, наскільки масштабованою є апаратна частина, можливості, які надаються для програмування, значно зростають, наприклад, з'являється можливість підключити додатковий модуль, який буде займатись зчитуванням світлових або звукові сигнали, на основі таких модулів можна побудувати світлове та звукове реле відповідно.

2.2 Апаратна частина

Для розробки апаратної частини потрібно визначити електронні деталі, з яких буде складатись система. Для отримання мінімального функціоналу система повинна складатись з:

- 1) мікроконтролера;
- 2) генератору електричних імпульсів;
- 3) електронних пристроїв, підключених до мікроконтролера.

Мікроконтролер в даній системі займає найважливіше місце, по тій причині, що він виконує основну роботу, навколо нього будується вся система. На мікроконтролері буде записана програма, яка буде виконуватись в режимі реального часу.

Генератор електричних імпульсів для системи грає роль пристрою, який подає сигнали контролю. Генератор в даній системі можна замінити на будь-який пристрій, наприклад, кнопку або .

Електронні пристрої, що підключені до мікроконтролера потрібні для того, щоб зафіксувати факт спрацювання реле. Найпростішим і одним з найнадійніших пристроїв на таку роль є світлодіод, тому що.

					КвРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		21

Даний варіант побудови реле на базі мікроконтролера має сталий час для затримки.

Для отримання більших можливостей від апаратної частини можна використати додаткові пристрої:

- 1) сенсори;
- 2) акумулятор;
- 3) дисплей;
- 4) регулятор часової затримки;
- 5) макетна плата.

Сенсори в системі виконують схожу функцію з генератором електричних імпульсів, але генератор має передбачуваний за часом стан, а стан сенсору через деякий час важко передбачити. До сенсорів можна віднести такі пристрої як:

- 1) світловий датчик;
- 2) звуковий датчик;
- 3) датчик руху.

За допомогою використання сенсорів можна надати реле часу можливості реагувати на певні події, що відбуваються навколо реле,

Акумулятор потрібен для системи, щоб забезпечувати роботоздатність навіть в умовах відсутності живлення.

Дисплей дає змогу системі відображати інформацію набагато детальніше. За допомогою дисплею можна виводити інформацію про стан системи, показувати інформацію про помилку, яка сталась в системі, виводити поточний стан затримок часу.

Пристрої регулювання часу затримки найважливіший з опційних, тому що надає найбільше можливостей для розширення функціоналу реле. За допомогою регулювання часу в користувача буде можливість настроїти реле для максимально зручного користування.

Макетна плата надає можливість без суттєвих проблем дуже швидко перевіряти роботоспроможність програми за рахунок вбудованих систем відлагодження та прошивки. За рахунок цього макетна плата є дуже хорошим інструментом для розробки прототипів, перевірки програм та експериментів.

					КвРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		22

Для проектування реле часу використана наступна послідовність взаємодії блоків.



Рисунок 2.1 – Взаємодія блоків апаратної частини

Для побудови реле часу будуть використані наступні апаратні компоненти:

- 1) мікроконтролер;
- 2) макетна плата;
- 3) генератор електричних імпульсів;
- 4) світлодіоди;
- 5) регулятор часової затримки.

2.2.1 Вибір мікроконтролера та макетної плати

В якості мікроконтролера в основному обирається один із наступних:

- 1) Arduino;
- 2) ESP32;
- 3) STM32;
- 4) Raspberry PI.

В кожного з вищеперерахованих мікроконтролерів є як свої плюси так і мінуси:

Arduino містить в собі мікропроцесор на основі архітектури процесорів AVR, який є недорогим та ефективним. Arduino виділяється на фоні інших за рахунок великої кількості модулів розширень, великою кількістю бібліотек, які розширюють стандартно використовувану для програмування Arduino мови програмування C++, серед мінусів Arduino можна відмітити великий розмір проектів, що обумовлений використанням бібліотек. Використання Arduino

найкращим чином проявляється в проектах з необхідністю використання великої кількості модулів.

ESP32 містить в собі мікропроцесор Xtensa LX6, який характеризується гнучким вводом/виводом, високою продуктивністю, динамічним збереженням енергії. ESP32 має вбудовану підтримку WI-FI та Bluetooth, також має низьке енергоспоживання. Найкраще мікроконтролери ESP32 використовуються в проектах, в яких використання електрики має критичну важливість.

STM32 містять в собі мікропроцесор на базі ARM, які швидко виконують операції. STM32 характеризуються дуже великою функціональністю та продуктивністю за невеликі гроші. До мінусів мікроконтролерів STM32 можна віднести те, що для даних мікроконтролерів написано мало літератури. Для STM32 найкраще підходять проекти, де потрібна його висока продуктивність, функціональність.

Raspberry Pi, як і STM32 має мікропроцесор на базі ARM, але набагато потужніший та з більшим об'ємом оперативної пам'яті. Raspberry Pi серед всіх вищеперечислених мікроконтролерів вважається найпотужнішим та рахується однокристальним комп'ютером. За рахунок великої кількості вбудованої оперативної пам'яті та частоти, на якій працює мікроконтролер Raspberry Pi не потребує програмування на низькорівневих мовах, що надає високу гнучкість для програмування. Серед мінусів Raspberry Pi можна відмітити її високу ціну відносно простіших пристроїв. Для Raspberry Pi найкращим чином підходять проекти, що відносяться до області інтернету речей.

Оскільки для програмування реле часу не основними характеристиками є енергоефективність, наявність підтримки wi-fi та bluetooth, простоту програмування, основними ж характеристиками є функціонал та продуктивність, то мікроконтролер для проектування реле буде з лінійки мікроконтролерів STM32.

Вибір мікроконтролера здійснювався серед чотирьох мікроконтролерів:

- 1) STM32G431RB;
- 2) STM32G4A1CE;
- 3) STM32G431K6;

					КвРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		24

4) STM32H723VG.

Кожен з вищеперечислених мікроконтролерів характеризується високою продуктивністю, непоганими об'ємами оперативної та флеш-пам'яті, тому кожен мікроконтролер можна використати для проектування реле.

Таблиця 2.1 Порівняння мікроконтролерів

Характеристика	STM32G431RB	STM32G4A1CE	STM32G431K6	STM32H723VG
Флеш-пам'ять	128 КБ	512 КБ	512 КБ	1024 КБ
Оперативна пам'ять	32 КБ	112 КБ	112 КБ	564 КБ
Кількість пінів	64	48	48	100
Частота роботи	170 МГц	170 МГц	170 МГц	550 МГц

Оскільки для спроектованого реле часу не потрібно багато оперативної пам'яті, так як при використанні реле задіюються мало змінних, а також проект програми не займає багато пам'яті, можна задіяти мікроконтролер з меншим об'ємом флеш-пам'яті, тому в якості мікроконтролера обраний пристрій STM32G431RB, який оснащений такими характеристиками:

- 1) продуктивним 32-бітним ядром ARM Cortex-M4 RISC;
- 2) 128 КБ флеш пам'яті;
- 3) 32 КБ оперативної пам'яті.
- 4) повний набір режимів енергоспоживання;
- 5) можливість працювати на частотах до 170 МГц.;
- 6) підтримання таких інтерфейсів комунікації:
 - а) три порта I2C;
 - б) три порти USART;
 - с) один порт USB.

Для обраного мікроконтролеру виготовляються плати NUCLEO-G431RB(рисунок 2.2) та NUCLEO-G431KB(рисунок 2.3). Обидві макетні плати відносяться до лінійки NUCLEO, що є найдешевшими та найпростіших, що виготовляє компанія ST.

Обраний мікроконтролер має багато портів, які використовуються для різних задач:

- 1) порти PA;
- 2) порти PB;
- 3) порти PC;
- 4) порти PD;
- 5) порти PF;
- 6) порти PG;
- 7) порти живлення.

Порти від PA до портів PC для даного мікроконтролера є портами GPIO та їх кількість по 15 кожного виду. Всі з цих портів мають альтернативні функції при умові встановленого реєстра GPIOx_AFR, відповідно до офіційної документації.

Порт PD в обраному мікроконтролері представляється одним виводом PD2. Порт PD2 не має додаткових функцій.

Порти PF0-OSC_IN та PF1-OSC_OUT також є GPIO портами але з додатковими функціями підключення зовнішніх таймерів.

Порт PG10-NRST використовується в якості NRST виводу та призначається для керування роботою мікроконтролеру.

Порти живлення для обраного мікроконтролеру представлені в вигляді портів VDD, які призначені для подачі живлення для цифрових портів; портів VDDA, що призначені для подачі живлення на аналогові порти; портів VSS, які необхідні для вказання напруги заземлення; порту Vbat, яка потрібна для підключення зовнішнього акумулятора; порту Vref+, який призначений для вказання позитивної напруги для аналогових пристроїв.

Таблиця 2.2 – Порівняння макетних плат

Характеристика	NUCLEO-G431RB	NUCLEO-G431KB
Розмір	Великий	Невеликий
Кількість пінів	64	32
Простота прошивки	Проста	Проста



Рисунок 2.2 – Вигляд NUCLEO-G431KB зверху та знизу

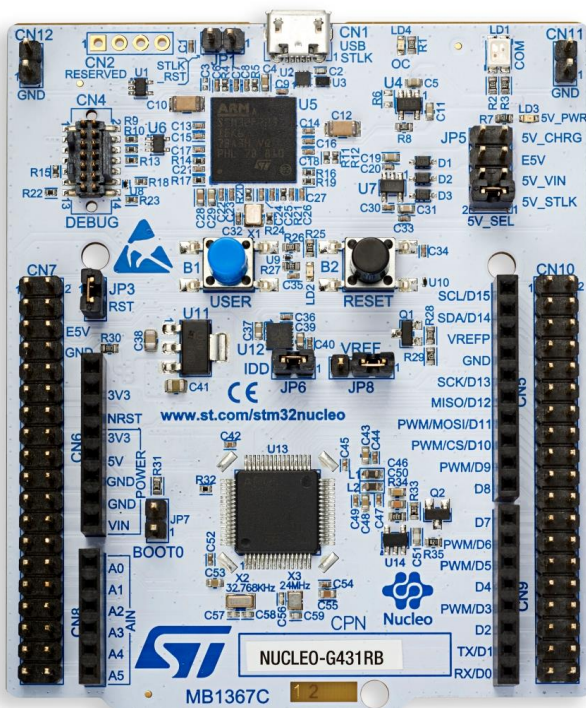


Рисунок 2.3 – Вигляд NUCLEO-G431RB

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

КВРКІ.170171.17.01.11 ПЗ

Арк.

27

Макетна плата підбиралась для спрощення проектування пристрою, оскільки плата надає багато вбудованих можливостей та заздалегідь приєднаних деталей.

Вибір макетної плати проводився за такими характеристиками:

- 1) кількість цифрових входів та виходів;
- 2) простота прошивки;
- 3) простота відлагодження;
- 4) розмір.

Найкращим варіантом макетної плати для обраного мікроконтролера є макетна плата NUCLEO-G431KB, її вигляд показано на рисунку 2.2. Відповідно до офіційної документації, плата має 12 цифрових та 8 аналогових пінів. Що цілком достатньо для використання мікроконтролера в якості чотирьох-канального реле часу, тому що на пристрої генерації, пристрої виводу статусу сигналу, пристрої регулювання затримки часу потребують по 4 цифрових входів на платі. Великою перевагою даної макетної плати над NUCLEO-G431RB є компактніший розмір, що має велику важливість для Додатковим плюсом даної плати є надзвичайно гнучкі можливості налаштування, що дозволяє користувачеві не хвилюватись з приводу недостатнього функціоналу.

2.2.2 Вибір периферійних пристроїв

Для генерування електричних імпульсів було обрано варіант генерування шляхом натискання на кнопку(рисунок 2.4). Це рішення має ряд переваг над іншими способами:

- 1) простота;
- 2) низька вартість;
- 3) повноцінний контроль керуванням;
- 4) передбачуваність генерації сигналу;
- 5) незалежність сигналу від часу та інших факторів.

					КВРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		28



Рисунок 2.4 – Кнопка

В якості заміни для даного способу можна скористатись датчиками, або генератором електричних імпульсів, всі ці пристрої можна взаємозамінити в блоці “Пристрій генерації сигналів”.

Для отримання відображення статусу отриманого від реле сигналу було обрано вмикання та вимикання світлодіоду(рисунок 2.5) при замиканні та розмиканні контактів відповідно. Оскільки проєктоване реле є чотирьох-канальним, то для кожного каналу потрібен окремий світлодіод. При порівнянні з іншими способами, обраний метод має очевидні плюси:

- 1) надійність;
- 2) довговічність;
- 3) невелика вартість;
- 4) простота дослідження стану сигналу.

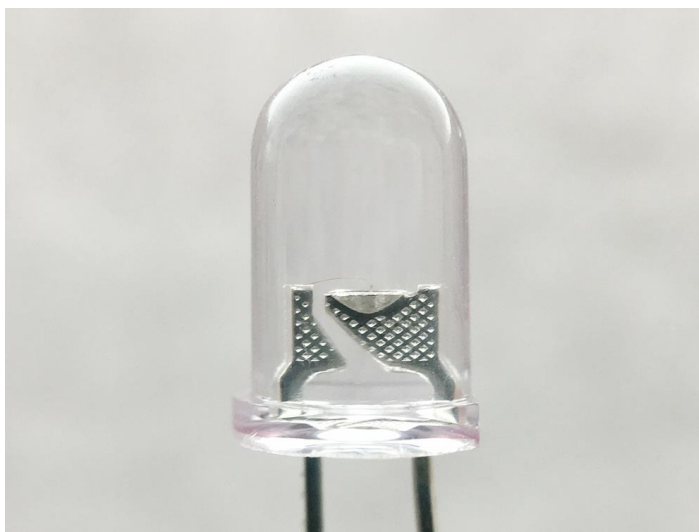


Рисунок 2.5 – Світлодіод

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Для регулювання часів затримки було обрано регулювання часу затримки шляхом натискання на кнопку(рисунок 2.4). По причині того, що реле чотирьох-канальне, для реле буде використано чотири таких кнопки, кожна з яких буде використана для регулювання окремо взятого каналу. В якості заміни для цього способу можна скористатись аналоговим регулятором на основі резистора змінного опору, але використання кнопки для цих цілей має більше плюсів:

- 1) менше зношування;
- 2) точність;
- 3) надійність.

Використання дисплею(рисунок 2.6) для побудови реле часу не виправдане по тій причині, що дисплей має ряд недоліків:

- 1) висока ціна;
- 2) важкість використання;
- 3) невелика кількість даних для візуалізації.

Дисплей можна було б використати в проектах, які потребують виводу великої кількості даних.



Рисунок 2.6 – Дисплей

2.2.3 Вибір програмного забезпечення для проектування апаратної частини

Для розробки електронного пристрою необхідно спроектувати такі види схем:

- 1) структурну;
- 2) функціональну;
- 3) принципову;
- 4) трасування друкованих плат.

Структурна електрична схема призначена для демонстрації основних можливостей схеми, призначення та зв'язки між компонентами. Структурна схема є важливою схемою документації, так як дає можливість швидко зрозуміти які блоки виконують певну операцію, та з якими іншими блоками пов'язуються.

Функціональна схема потрібна для демонстрації функційних зв'язків між компонентами системи.

Принципова схема є найбільш детальною, показує всі компоненти, які необхідні для побудови пристрою.

На трасуванні друкованої плати визначаються місця для розміщення провідників.

Вибір графічного редактора:

В якості графічного програмного забезпечення використовують наступні програми:

- 1) krita;
- 2) corel draw;
- 3) photoshop;
- 4) illustrator.

Krita є безкоштовним програмним забезпеченням, яке дозволяє малювати не лише схеми а ще й художні роботи будь-якої складності. Має багато переваг таких як хороша документація, безліч розширень, безкоштовність.

Corel Draw - професійний графічний редактор, який підходить для малюнків різної складності. Має зручний механізм імпортування та експортування з

найбільш популярних форматів файлів. Corel є платною програмою, але також має безкоштовну пробну версію.

Photoshop - редактор графіки, призначений для великого спектру робіт.

Illustrator - графічний редактор, призначений для роботи з векторною графікою.

Для проектування апаратної частини використовуються наступне програмне забезпечення:

- 1) KiCad;
- 2) DesignSpark PCB;
- 3) PCBWeb;
- 4) ZenitPCB;
- 5) CometCAD.

За допомогою KiCad створюються професійні електричні схеми, здійснюється трасування плат. Програма безкоштовна.

DesignSpark PCB - безкоштовна програма, яка потребує реєстрації перед використанням. За допомогою неї можна з легкістю створювати електричні схеми за рахунок функції автотрасування.

PCBWeb - безкоштовний онлайн засіб для проектування електричних схем та проведення трасування плат.

ZenitPCB - безкоштовна система для створення принципів схем та друкованих плат.

CometCAD - платна програма з простим та мінімалістичним інтерфейсом, призначена для побудови принципів схем.

Для проектування апаратної частини пристрою, а саме побудови функціональної та принципової схем і трасування плати був обраний програмний засіб KiCad через такі характеристики:

- 1) безкоштовність;
- 2) наявність великої стандартної бібліотеки з великою кількістю пристроїв;
- 3) можливість легко імпортувати моделі для обраного мікроконтролеру;
- 4) потужна система ручної установки позиції пристрою.

					КВРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		32

2.3 Програмна частина

Для програмування мікроконтролерів Raspberry PI зазвичай використовується мова програмування Python, яка надає програмісту такі важливі для програмування, як зрозумілість коду програми. Для програмування мікроконтролерів зазвичай обирається мова програмування C++ .

Таблиця 2.3 – Порівняння мов програмування

Характеристика	Python	C++	C#
Швидкість написання програми	Висока	Низька	Середня
Швидкість виконання програми	Низька	Висока	Середня
Складність	Низька	Висока	Низька
Зрозумілість синтаксису	Висока	Середня	Висока

Оскільки для обраного мікроконтролеру підтримується написання на мовах програмування C# та C++, але мікроконтролер має досить високу продуктивність, кількість оперативної та флеш пам'яті, тобто він не є дуже залежним від розміру програми, яку виконує, тому для спрощення складності написання та розуміння написаної програми була обрано мова програмування C#.

Для обраної мови програмування існує ряд фреймворків, які використовуються для програмування мікроконтролерів:

- 1) micro framework;
- 2) nanoFramework;
- 3) meadow.

Micro Framework - реалізація .NET Framework від Microsoft для мікроконтролерів. micro framework характеризується тим, що за рахунок зменшених можливостей мови програмування надає більш компактний за розміром проект. В основному призначений для програмування мікропроцесорів на мікропроцесорних архітектурах ARM7 та ARM9.

nanoFramework - реалізація .NET Framework від Microsoft для мікроконтролерів. За допомогою .NET nano framework розробляються програми для різноманітних мікроконтролерів, в основному ESP32 та STM32. Також nanoFramework має вбудований тестовий фреймворк, що надає великі можливості для перевірки написаного коду а також його підтримки в майбутньому.

Meadow - реалізація .NET Framework від Microsoft для мікроконтролерів. Характеризується тим, що з допомогою неї можна розробляти пристрої для інтернету речей. Серед її мінусів можна відмітити, що дана реалізація підтримується на даний момент лише для плати Meadow F7 Micro board, яка розроблена на основі STM32F7 MTU від виробника STMicroelectronic.

Для проектування реле часу був обраний фреймворк nanoFramework через підтримку обраного мікроконтролера.

Для написання програми потрібно використовувати текстовий редактор, в найкращому випадку інтегроване середовище розробки. Для програмування на обраній мові використовуються такі засоби:

- 1) microsoft visual studio;
- 2) jetbrains rider;
- 3) eclipse.

Visual Studio - інтегроване середовище розробки для різних мов, таких як Visual Basic, C++, C#, за допомогою розширень можна збільшити кількість підтримуваних мов. Visual Studio має багато версій, основними з них є Visual Studio 2015, Visual Studio 2017, Visual Studio 2019. Visual Studio має такі тарифні плани: Community, Professional, Enterprise. Visual Studio Community - безкоштовний план, який дозволяє використовувати основний функціонал, який підійде для тестування можливостей студії. Завдяки великій кількості розширень,

					КвРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		34

зручного інтерфейсу, великої кількості вбудованих функцій Visual Studio є одним з найкращих інтегрованих середовищ для розробки на мові програмування C#.

Rider - інтегроване середовище розробки, яке спеціалізоване для розробки на мові C#, але за допомогою розширень може підтримувати також інші мови програмування. Середовище є платним, але має пробну версію, в якій можна дослідити можливості програми. За рахунок спеціалізації середовища розробки для розробки на мові програмування C# та інноваційних ідей, які реалізовані для даного середовища, Rider також можна вважати одним з найкращих середовищ для розробки на мові C#.

Eclipse - інтегроване середовище, яке використовується в основному для програмування на мові Java але з допомогою плагінів може підтримувати розробку ще й для мови програмування C#. Оскільки зазвичай Eclipse не використовують для програмування на C#, але за певних умов її можна використати для цього, Eclipse не можна вважати як найкраще середовище для програмування на C#, але як варіант розглянути можна.

Для реалізації програмної частини було обрано середовище розробки Visual Studio 2019 через її функціонал та наявність розширень для роботи із обраним фреймворком.

В Visual Studio є підтримка для таких тестових фреймворків:

- 1) nunit;
- 2) xunit;
- 3) mstest;
- 4) NUnittest.

NUnit - тестовий фреймворк, який характеризується з позитивної сторони високою швидкістю виконання тестів, можливістю обирати тести, які будуть виконуватись, але має такі недоліки як недостатня інтеграція з Visual Studio, не має автогенерації тестового коду.

XUnit - тестовий фреймворк, який має такі позитивні характеристики як тісна інтеграція з Visual Studio, новітність. До негативних характеристик тестового фреймворку відносяться погана документація, відсутність автогенерації тестового коду.

					КвРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		35

MSTest має такі позитивні характеристики як тісна інтеграція з Visual Studio, автогенерація тестового коду. До негативних характеристик MSTest відносяться низька швидкість виконання тестів, важкість в інтеграції з сторонніми інструментами.

NFUnittest - тестовий фреймворк, призначений спеціально для фреймворку .NET nanoFramework, що дозволяє тестувати програму до під'єднання до пристрою, який буде програмуватись.

В якості тестового фреймворку був обраний NFUnittest через його призначення тестувати програму для мікропроцесора.

Програмна частина роботи буде складатись з таких структурних частин:

- 1) модуль реагування на сигнали управління;
- 2) модуль виводу;
- 3) модуль управління;
- 4) контролер затримки;
- 5) модуль установки часу затримки.

Розбиття програми на модулі - один з важливих підходів архітектури програмного забезпечення. Завдяки розбиттю на модулі вирішуються такі проблеми:

- 1) навантаженість коду;
- 2) незрозумілість коду;
- 3) труднощі з підтримкою програмного продукту;
- 4) велика кількість багів;
- 5) неякісність коду.

При розбитті на модулі формуються частини коду, які відповідальні за власну частину роботи. За допомогою модулів можна добитись покращення якості програми.

Модуль реагування на сигнали управління призначений для отримання сигналів, які приходять від пристрою генерації електричних сигналів.

За допомогою цього модуля програмна частина отримує керуючі сигнали, що потрібно для подальшого опрацювання системи. За рахунок розділення на модулі, існує лише одна частина коду, в якій здійснюється зчитування сигналів,

					КвРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		36

якби програма проектувалась не модульною, то було б незрозуміло, чому зчитування проводиться на різних стрічках програми і як воно впливає на поведінку системи.

Модуль виведення сигналу також є однією з основних частин оскільки за його допомогою здійснюється виведення сигналу до виводів мікроконтролера.

					КВРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		37

3 РЕАЛІЗАЦІЯ ЧОТИРЬОХ КАНАЛЬНОГО РЕЛЕ ЧАСУ

3.1 Реалізація апаратної частини

Для реалізації апаратної частини будуть використовуватись блоки, структурна схема яких описана на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Структурна схема

3.1.1 Під'єднання до мікросхеми мікроконтролера

Оскільки програмне забезпечення KiCad, яке призначене для побудов схем та проектування плат не містить в стандартній бібліотеці необхідної моделі для обраного мікроконтролера, тому для того щоб використати модель мікроконтролера в схемі потрібно імпортувати модель з офіційного сайту виробника. Для проведення імпортування потрібно в пункті налаштування обрати “менеджер бібліотечних компонентів”(рисунку 3.2), за допомогою якої імпортуються компоненти.

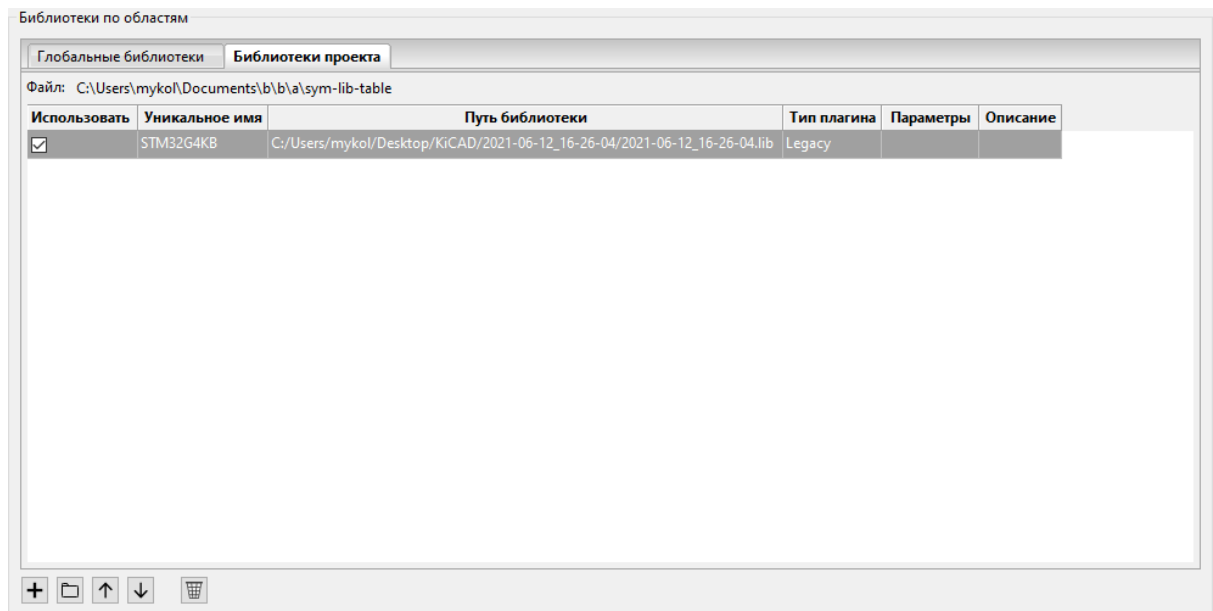


Рисунок 3.2 – Імпорт елементів

В цьому випадку мікроконтролер розділили на дві частини: на ніжки, які відносяться до живлення та інші(рисунок 3.3).

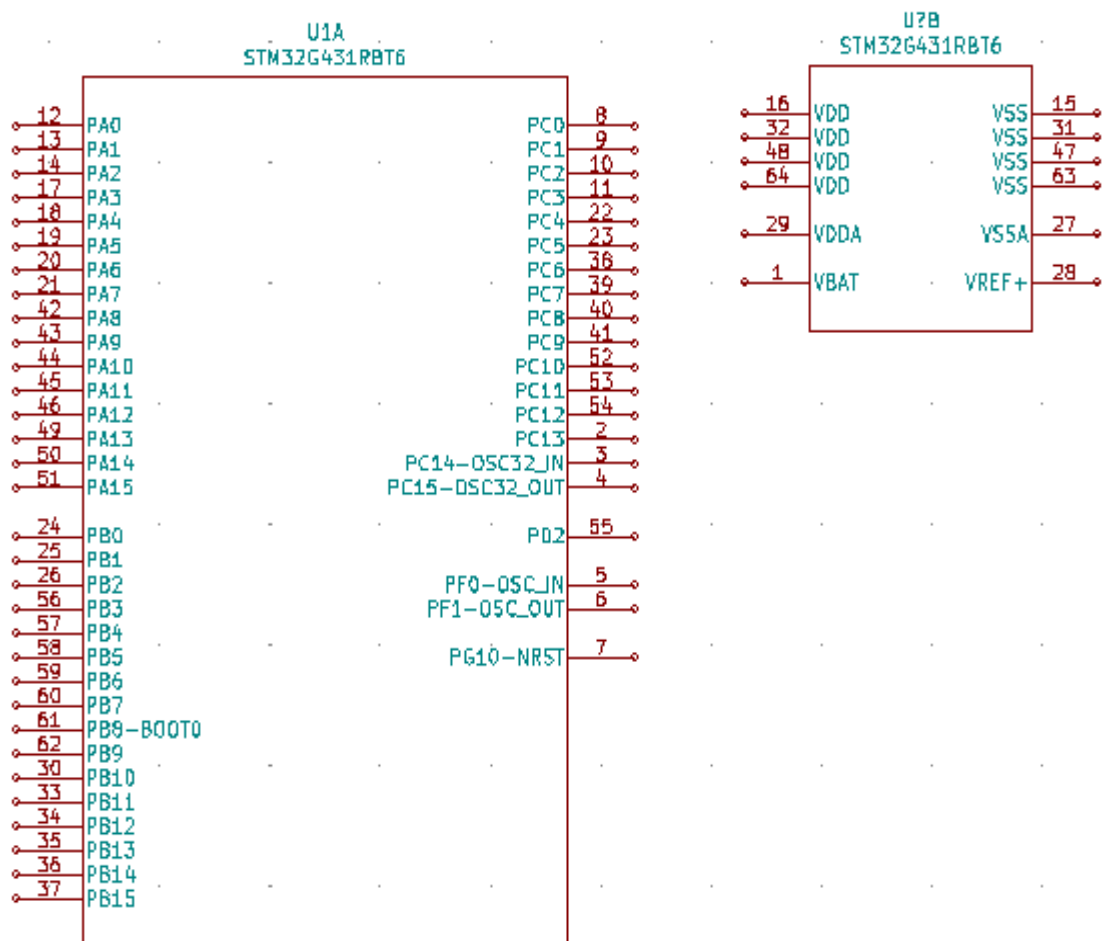


Рисунок 3.3 – Вигляд моделі мікроконтролера на схемі

Для початку роботи з проектуванням схеми потрібно підключити живлення. Це здійснюється шляхом приєднання до контактів живлення джерела струму з напругою +3.3 V до контактів VDD та заземлення до контактів VSS, як показано на рисунку 3.4. Для обраного мікроконтролера виводи живлення VDD відповідають за живлення контактів вводу/виводу, систему управління внутрішніми таймерами. Оскільки для роботи мікроконтролеру не використані аналогові порти, то VDDA не підключений.

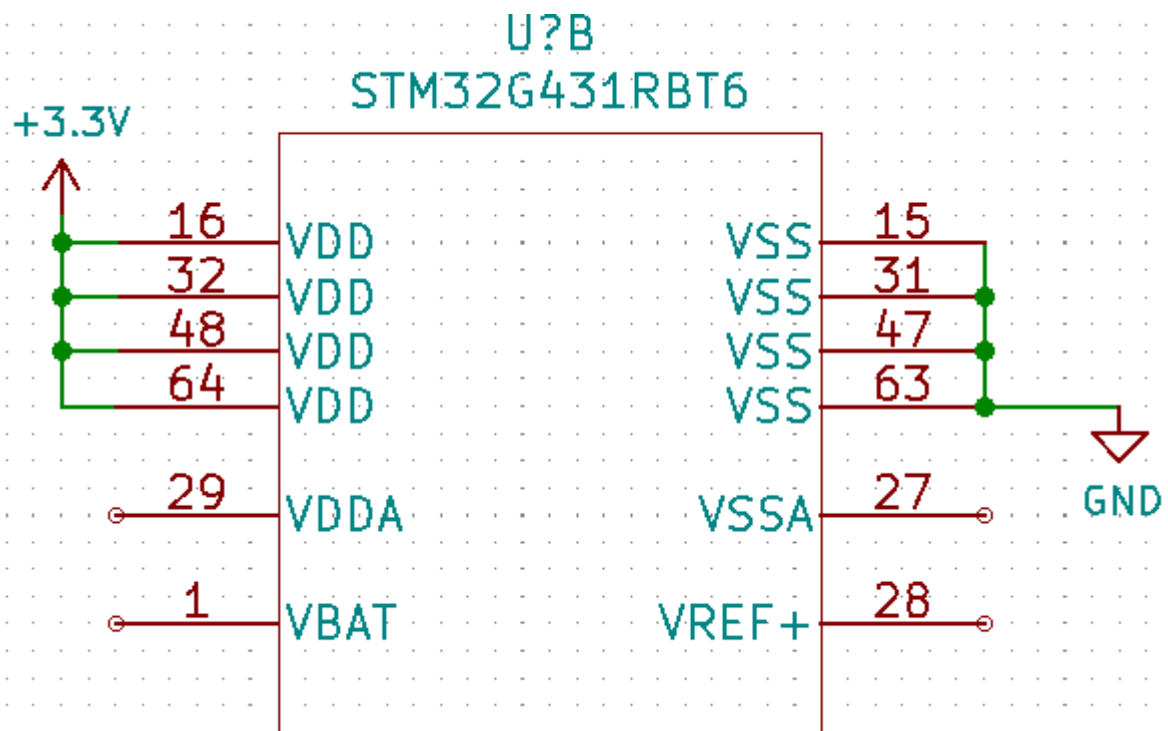


Рисунок 3.4 – Під'єднання живлення до мікроконтролеру

3.2 Під'єднання блоку вводу до схеми

Для отримання сигналів від зовнішнього світу до мікроконтролера під'єднаний блок отримання електричних сигналів(рисунок 3.5). За допомогою цього блоку генерується електричний сигнал. Рішення щодо групування елементів блоку одне біля одного було прийняте для полегшення програмування мікроконтролера та для мінімізування простору, який займає реле.

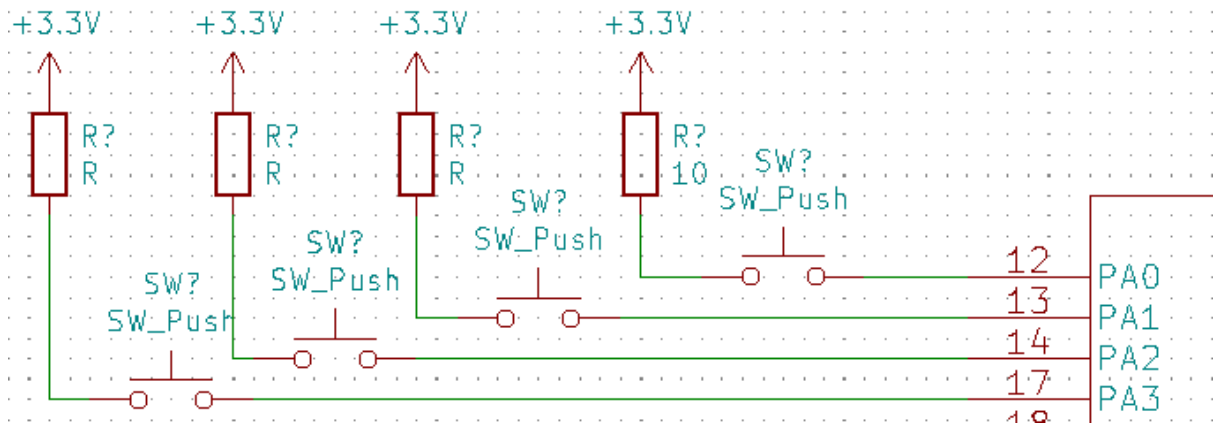


Рисунок 3.5 – Під'єднання до плати блоку вводу сигналів

3.3 Під'єднання блоку виводу до схеми

До реле також були під'єднані блоки виводу сигналів(рисунок 3.6) та регулювання часової затримки(рисунок 3.7)

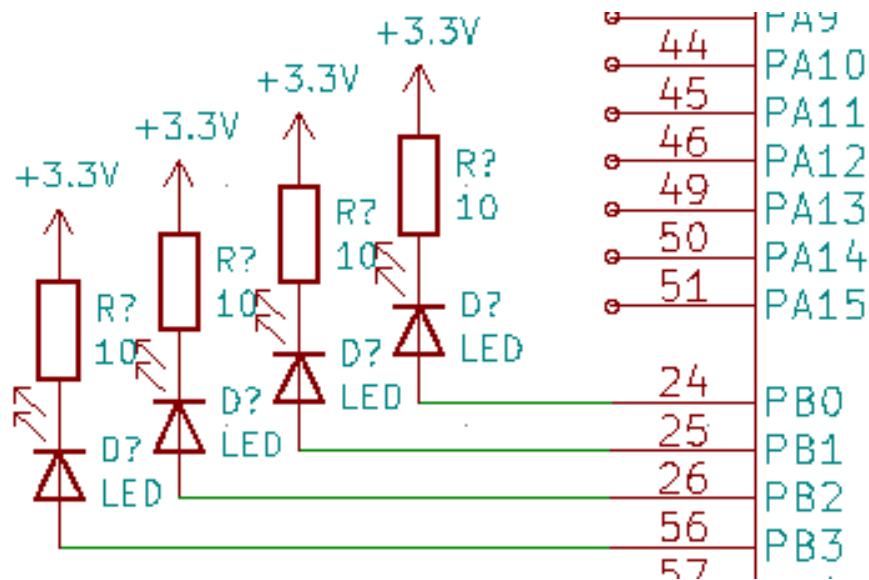


Рисунок 3.6 – Під'єднання до плати блоку виводу стану сигналів

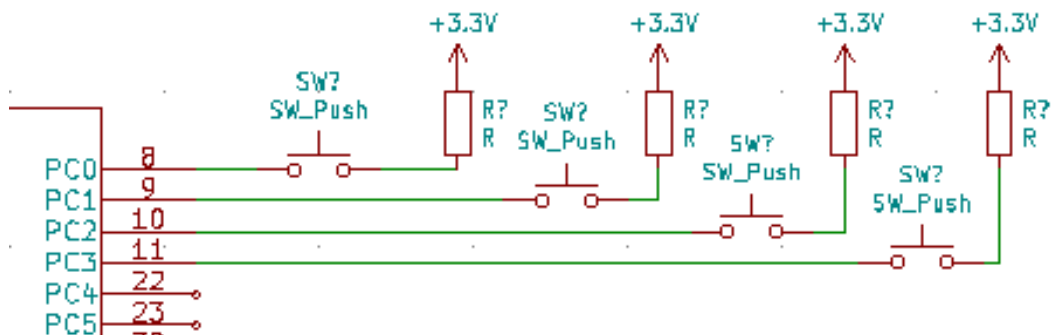


Рисунок 3.7 – Під'єднання до плати блоку регулювання часової затримки

В результаті вийшли електрична функційна та принципові схеми для реле часу, які в суцільному вигляді виглядають так, як вказано на рисунку 3.8 та 3.9.

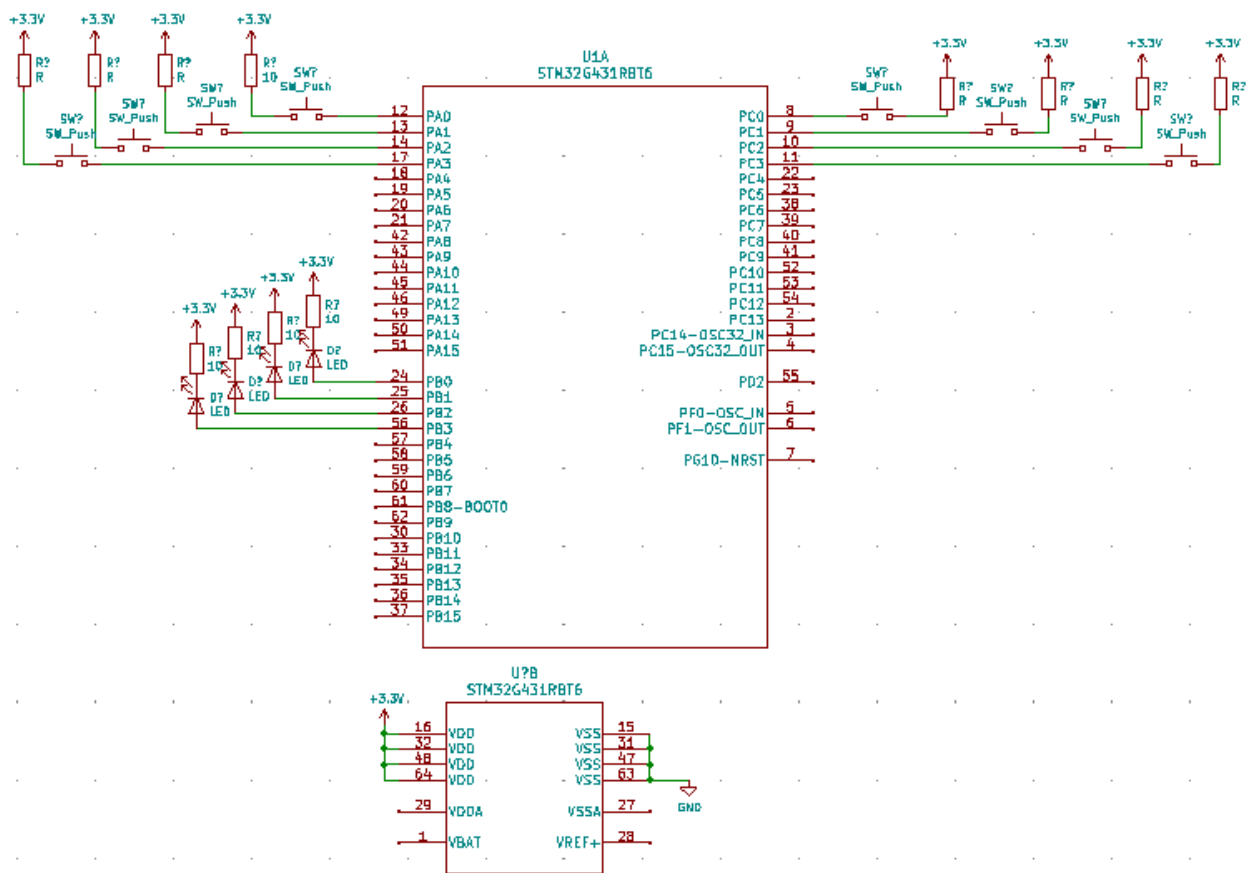


Рисунок 3.8 – Схема електрична функціональна

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
------	------	---------	--------	------

Отчёт ERC:		Сообщения:	
Всего:	44	Завершено	
Предупреждения:	44		
Ошибки:	0		
<input type="checkbox"/> Создать файл отчёта ERC			
Список ошибок:			

Рисунок 3.10 – Помилки та попередження

Позначення елементів може здійснюватись автоматично, але якщо програма не може знайти в бібліотеці потрібних місць для елементів, то потрібно налаштувати їх вручну. На рисунку 3.11 показано обрані місця для елементів.

1	D1 -	LED : LED_THT:LED_BL-FL7680RGB
2	D2 -	LED : LED_THT:LED_BL-FL7680RGB
3	D3 -	LED : LED_THT:LED_BL-FL7680RGB
4	D4 -	LED : LED_THT:LED_BL-FL7680RGB
5	SW1 -	SW_Push : Button_Switch_SMD:Nidec_Copal_SH-7010A
6	SW2 -	SW_Push : Button_Switch_SMD:Nidec_Copal_SH-7010A
7	SW3 -	SW_Push : Button_Switch_SMD:Nidec_Copal_SH-7010A
8	SW4 -	SW_Push : Button_Switch_SMD:Nidec_Copal_SH-7010A
9	SW5 -	SW_Push : Button_Switch_SMD:Nidec_Copal_SH-7010A
10	SW6 -	SW_Push : Button_Switch_SMD:Nidec_Copal_SH-7010A
11	SW7 -	SW_Push : Button_Switch_SMD:Nidec_Copal_SH-7010A
12	SW8 -	SW_Push : Button_Switch_SMD:Nidec_Copal_SH-7010A
13	U1 -	STM32G431RBT6 : footprints_stm32:STM32G431RBT6

Рисунок 3.11 – Місця для елементів

Для формування списку зв'язків потрібно скористатись пунктом меню “Список зв'язків”, інтерфейс вікна вказаний на рисунку 3.1.1.11



Рисунок 3.12 – Интерфейс вікна “Список зв’язків”

Для остаточного друкування залишилось провести доріжки між контактами, для цього потрібно найбільш зручним чином розташувати елементи на платі, потім провести доріжку між контактами.

Після проведення трасування результат зображений на рисунку 3.13

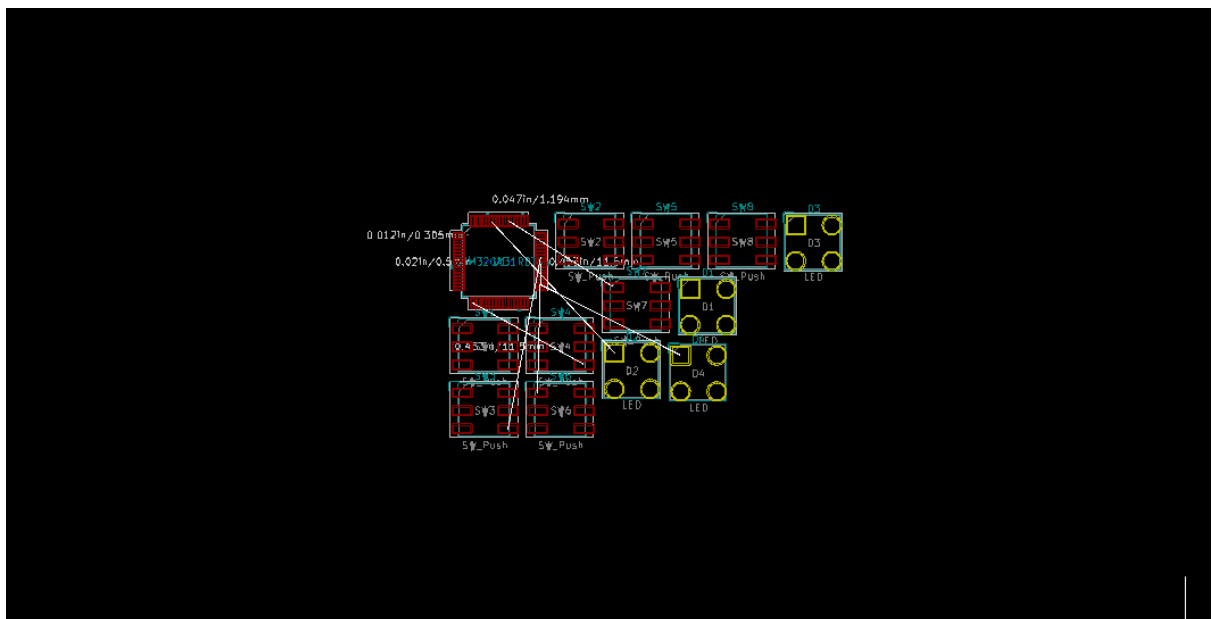


Рисунок 3.13 – Результат трасування

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

3.2 Реалізація програмної частини

Як було вказано в розділі 2, програма частина реле часу поділяється на модулі, розділені по обов'язках:

- 1) модуль реагування на сигнали управління;
- 2) модуль виводу;
- 3) модуль управління;
- 4) контролер затримки;
- 5) модуль установки часу затримки.

Програмна частина планувалась до реалізації максимально модульною, в якій кожна частинка виконує одну операцію, для якої модуль призначений. На рисунку 3.14 зображена взаємодія модулів.

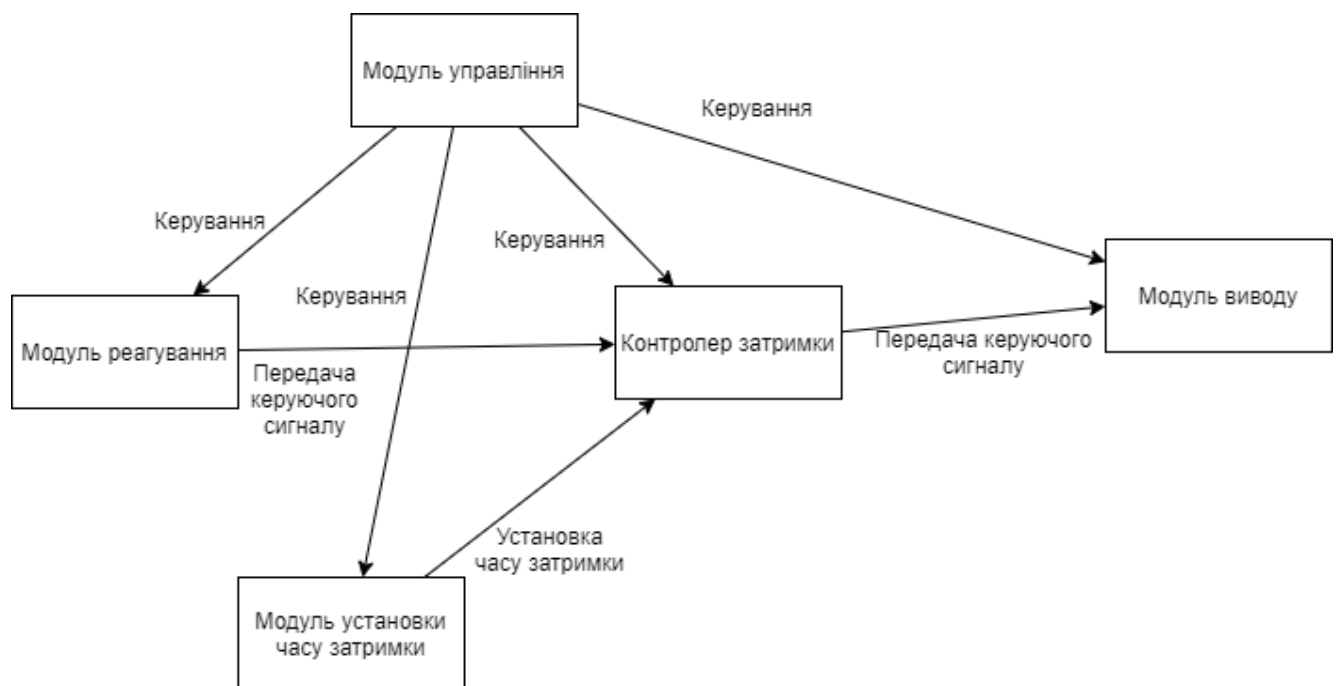


Рисунок 3.14 – Взаємодія модулів

Реалізація модуля реагування на сигнали управління

Модуль реагування на сигнали управління потрібен для зчитування сигналів, які приходять від зовнішніх пристроїв.

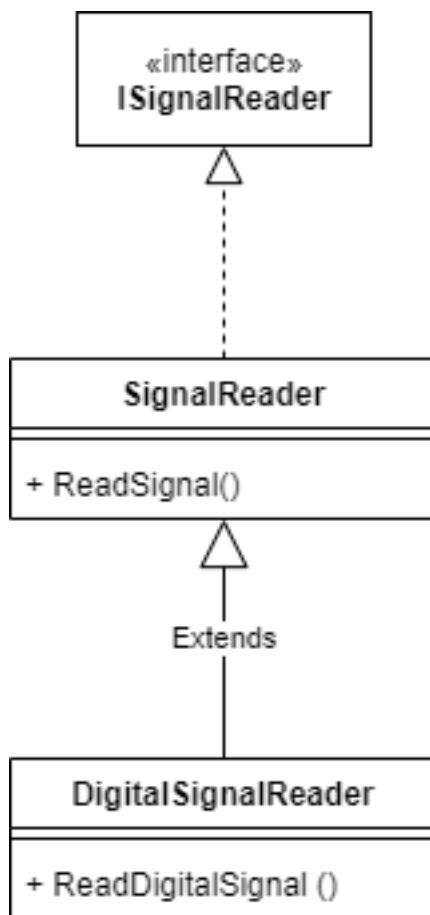


Рисунок 3.15 – Діаграма класів модуля реагування на сигнали управління



Рисунок 3.16 – Алгоритм роботи модуля реагування на сигнали управління

На рисунках 3.15 та 3.16 зображені діаграма класів та алгоритм роботи модуля реагування на сигнали управління.

Інтерфейс `ISignalReader` призначений для надання кожному з класів, які його реалізують метод, яким здійснюється зчитування сигналів.

Клас `SignalReader` є базовим класом для `DigitalSignalReader` та надає йому можливість підключення до ніжок, що відповідають за вхідні дані.

Для відкриття порта `SignalReader` та `DigitalSignalReader` використовують функцію:

```
controller.OpenPin(PinNumber(pinLetter, pinNumber));
```

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Для вибору режиму порта слугує функція:

```
pin.SetDriveMode(PinMode.Input);
```

Клас `DigitalSignalReader` має оголошений метод `ReadDigitalSignal`, за допомогою якого можна зчитати значення сигналу на цифрових входах. Відразу після отримання сигнал передається далі.

Реалізація модуля виводу

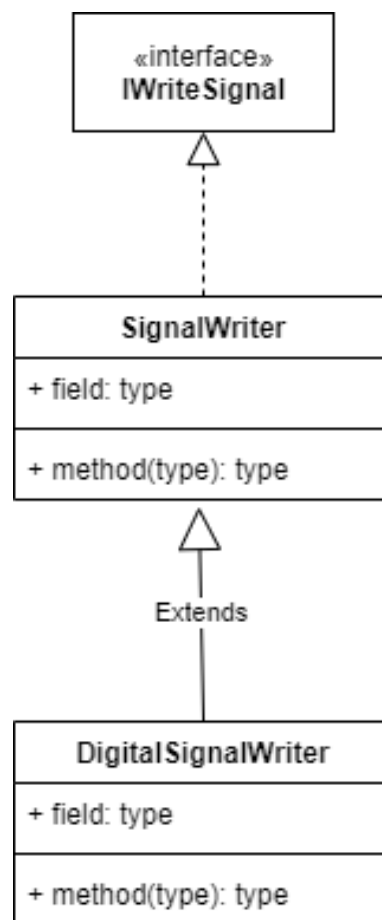


Рисунок 3.17 – Діаграма класів модуля виводу

Модуль виводу складається з інтерфейсу `IWriteSignal`, який оголошує метод `WriteSignal`, та гарантує, що класи, які реалізують даний інтерфейс гарантовано

реалізують даний метод. Для надсилання сигналу в класі DigitalSignalWriter реалізовано метод WriteDigitalSignal.

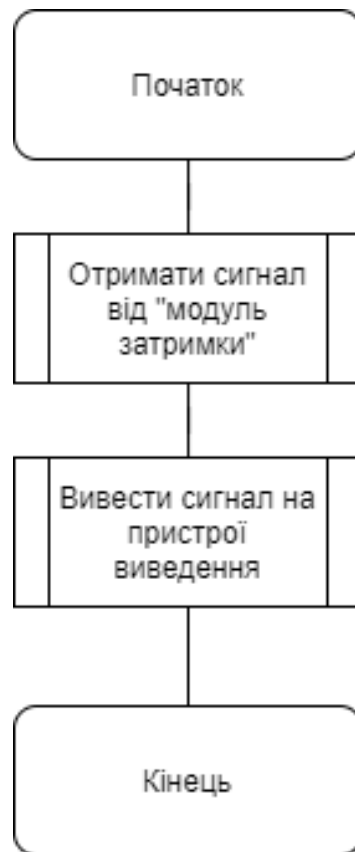


Рисунок 3.18 – Алгоритм роботи модуля виводу

На рисунку 3.18 показано, як працює модуль виводу.

Для відкриття порта SignalReader та DigitalSignalReader використовують функцію:

```
controller.OpenPin(PinNumber(pinLetter, pinNumber));
```

Для встановки режиму порта на вивід використовується метод:

```
pin.SetDriveMode(PinMode.Output);
```

Для виводу інформації в порт використовується метод:

```
pin.Write(data);
```

Реалізація модуля управління

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата



3.19 – Реалізація контролеру затримки

На рисунку 3.19 показана реалізація контролеру затримки. Для реалізації затримки використовується метод:

`Thread.Sleep(time);`

Для перевірки роботи були написані юніт-тести в яких було перевірено чи працює програма.

TestProject1 (5)	27 ms
TestProject1 (5)	27 ms
UnitTest1 (5)	27 ms
TestMethod1	< 1 ms
TestMethod10	< 1 ms
TestMethod7	< 1 ms
TestMethod8	27 ms
TestMethod9	< 1 ms

Рисунок 3.20 – Результат запуску юніт-тестів для проекту

3.3 Матеріальні витрати

Таблиця 3.1 Вартість компонентів

Назва	Кількість	Ціна за одиницю	Сумарна ціна
Мікроконтролер STM32G431RB	1	187,10	187,10
Макетна плата NUCLEO -G431KB	1	345,76	345,76
Кнопка	8	7,46	59,68
Світлодіод	4	1	4
Резистор	12	9	108

При проектуванні реле часу було проведено дослідження вартості компонентів, з яких воно складається. Результатом дослідження є те, що варіант побудови реле з використанням макетної плати коштує 517,44 гривень, з вирахуванням цін на компоненти, які не являються необхідними для реле, а саме цін на чотири кнопки, чотири світлодіоди, вісім резисторів, ціна складає 411,60 гривні; варіант побудови реле часу на базі мікроконтролера коштує 358,78 гривень та 252,94 гривні з додатковими компонентами та без них відповідно. Аналогічні реле часу знаходяться в межах від 150 до 350 гривень. Оскільки реле часу на базі обраної макетної плати коштує набагато більше ніж аналогічні реалізації реле, використання такого реле є обґрунтованим лише в випадках для тестування програми, перевірки можливостей мікроконтролера, швидкого відлагодження програми. Реле часу на базі мікроконтролера не сильно виходить за межі цінових рівнів аналогічних реле, тому його можна використовувати як повноцінне реле часу.

3.4 Можливі покращення

3.4.1 Шляхи покращення апаратної частини

Для покращення апаратної частини можна скористатись наступними напрямками:

- 1) вибір дешевшого мікроконтролеру;
- 2) вибір потужнішого мікроконтролеру;
- 3) зменшення кількості кнопок регулятора часу затримки;
- 4) використання сенсорів.

Вибір дешевшого мікроконтролера може суттєво виправити ситуацію з вартістю спроектованого реле, причиною якої є те, що вартість мікроконтролера набагато більша ніж вартість решти компонентів. Мікроконтролер ATMEGA32A-AU, коштує приблизно 86 гривень, має достатню кількість виводів, для того, щоб підключити всі необхідні для реле часу елементи, але на відміну від обраного мікроконтролеру має набагато менше флеш та оперативної пам'яті, що має ключовий вплив на програмну частину, тому що для запуску програм, які використовують фреймворк nanoFramework потрібно більше оперативної та флеш пам'яті ніж надає мікроконтролер ATMEGA32A-AU та на даний момент фреймворк не підтримує пристрої ATMEGA. Тому використання цього шляху покращення вимагає переписування програмної частини на іншу мову програмування та фреймворк.

Використання потужнішого мікроконтролеру може надати помітне прискорення виконання програми. Наприклад, мікроконтролер STM32H723VG, який має 1 мегабайт флеш пам'яті та 564 кілобайти оперативної пам'яті, що є високим показником для мікроконтролерів, надає багато можливостей для програмування. З допомогою цього мікроконтролеру можна побудувати цілу систему реле. Єдиним недоліком є те, що даний мікроконтролер коштує 250,18 гривень.

Зменшення кількості кнопок регулятора часу затримки не значно зменшує витрати на елементи, але і не дуже сильно змінює алгоритм роботи програмної частини. Замість чотирьох кнопок для регулювання часу затримки для кожного

					КвРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		53

каналу реле можна скористатись двома, одна з кнопок буде відповідальна за переключення між каналами для їх налаштування, друга буде відповідальна за переключення режиму часової затримки. Таке рішення є більш масштабним, оскільки для поточного варіанту на регулювання часу затримки для кожного каналу виділяється окрема кнопка, тобто при теоретичному розширенні до шістьох каналного реле часу, до схеми потрібно буде додати дві додаткових кнопки. Для варіанту з двома кнопками щоб розширити кількість каналів потрібно буде лише додати підтримку додаткових портів з програмної частини. Для такого варіанту побудови блоку вибору часової затримки добре підійшло б використання дисплею для виводу інформації про настроювання часової затримки для поточного каналу.

Використання датчиків може надати реле більшої функціональності в плані обробки різних сигналів, таких як світлові, звукові, теплові сигнали. Даний варіант покращення розширює спектр можливих варіантів використання реле в різних умовах: від дому до виробництва автомобілів. Це нововведення в проєктоване реле часу дозволяє використовувати його в сфері IoT. Для використання в реле комбінацій датчиків достатньо підключити до реле ці види сенсорів, додаткового налаштування в таких випадках не потребується. Для підтримки такого функціоналу потрібно налаштувати аналогові порти, подати живлення до ніжок VDDA та V_{ref+} мікроконтролера та підключити до заземлення ніжку VSSA.

3.4.2 Шляхи покращення програмної частини

Для покращення програмної частини можна скористатись такими шляхами:

- 1) збільшення кількості підтримуваних обробників портів;
- 2) збільшення кількості режимів часової затримки;
- 3) додавання режимів NOTC, NCTO, NOTO, NCTC.

За допомогою збільшення кількості підтримуваних обробників портів збільшується функціонал блоку отримання сигналів, що дозволяє обробляти більше видів сигналів. За допомогою розширення кількості обробників можна

					КвРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		54

реалізувати підтримку сенсорів, для цього необхідно реалізувати клас, який наслідується з базового класу `SignalReader` та в методі `ReadAnalogSignal` описати функціонал обробки вхідного контролюючого сигналу.

Режими часової затримки можна розширити з метою отримання більшої функціональності від реле. До нових режимів можна вибрати режими, при яких реле повторює сигнал з певною частотою, тобто сигнал видається не один раз, а повторюється декілька разів з заданою частотою. Для реалізації такого принципу потрібно буде додати можливість вибирати частоту та кількість повторів. Для деяких вузько орієнтованих задач цей режим може бути дуже корисним.

					КВРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		55

ВИСНОВКИ

В результаті розробки дипломної роботи було засвоєно теоретичний матеріал, який був потрібний для виконання завдання. Під час розробки було отримано навички для проектування електронних пристроїв, в тому числі реле часу. В роботі було розглянуто такі теми як реле часу, мікроконтролер, побудова електричних схем.

В ході розробки було описано основні можливості пристрою, розроблено структурну, функціональну, принципову схеми та також було виконано трасування плати.

Розроблений пристрій виконує свої затримку часу. Отже можна зробити висновок, що мета та задача даної роботи досягнуті.

					КВРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		56

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Dogan Ibrahim. Chapter 2 - Architecture of ARM microcontrollers. *Arm-Based Microcontroller Multitasking Projects*. 2021. Pp. 13-32. DOI: 10.1016/B978-0-12-821227-1.00002-5
2. Kunikowski Wojciech, Czerwiński Ernest, Olejnik Paweł, Awrejcewicz. An Overview of ATmega AVR Microcontrollers Used in Scientific Research and Industrial Applications. *Pomiary Automatyka Robotyka*. 2015, Par. 19, Pp. 15-20. DOI: 10.14313/PAR_215/15
3. G. Kavya. Design of FPGA based NIOS-II Soft Core Processor for a wearable Tele Cardiac System. *International Journal of Advanced Science and Engineering*. 2017. Pp. 566-570. DOI: 10.29294/IJASE.4.2.2017.
4. Dogan Ibrahim, Chapter 1 - Microcomputer systems, *Arm-Based Microcontroller Multitasking Projects*. 2021. Pp. 1-12. DOI: 10.1016/B978-0-12-821227-1.00001-3
5. Vinod M., Devadasan S., Rajanayagam D., Sunil D., Thilak Vmm. Theoretical and industrial studies on the electromechanical relay. *International J. Services and Operations Management*. 2012. URL: https://www.researchgate.net/publication/328927190_Theoretical_and_industrial_studies_on_the_electromechanical_relay
6. Rumeng Wang, Yong Yang, Ming Zhang, Yiwei Lu, Finite element analysis of electromagnetic relay under the impact of disturbing magnetic field. *Fusion Engineering and Design*. 2021. Vol. 167. DOI: 10.1016/j.fusengdes.2021.112344
7. Elmer Sorrentino. Behavior of induction disc overcurrent relays as a function of the frequency. *Electric Power Systems Research*. 2017. Vol. 143. Pp. 474-481. DOI: 10.1016/j.epsr.2016.10.059
8. M. Fernández, X. Perpiñá, M. Vellvehi, X. Jordà, T. Cabeza and S. Llorente. Analysis of solid state relay solutions based on different semiconductor technologies. *19th European Conference on Power Electronics and Applications*. 2017, Pp. 1-9, DOI: 10.23919/EPE17ECCEurope.2017.8099012

					КВРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		57

9. Gurevich Vladimir. Electric Relays. *Principles and Applications*. 2016
DOI: 10.1201/9781315221168.
10. A. Hameed, A. Jasim, M. Bonneya. Design and Implementation a New Real Time Overcurrent Relay Based on Arduino. *Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 871. DOI: 10.1088/1757-899X/871/1/012005
11. A. Saleem, A. Iqbal, K. Mehmood, A. Samad, M. Hayat. Modelling and Implementation of Microprocessor Based Numerical Relay for Protection Against Over/Under Current, Over/Under Voltage. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*. 2020. Vol. 17. DOI: 10.1166/jctn.2020.8809
12. Y. Tjandi, S. Kasim. Electric Control Equipment Based on Arduino Relay. *Journal of Physics: Conference Series*. 2019. Vol. 1244. DOI: 10.1088/1742-6596/1244/1/012028
13. Y. Güven, E. Coşgun, S. Kocaoğlu, H. Gezici, E. Yilmazlar. Understanding the Concept of Microcontroller Based Systems To Choose The Best Hardware For Applications. *International Journal of Engineering And Science*. 2017. Vol. 7. URL: https://www.researchgate.net/publication/322436662_Understanding_the_Concept_of_Microcontroller_Based_Systems_To_Choose_The_Best_Hardware_For_Applications
14. Ng T.S. Microcontroller. *Real Time Control Engineering*. 2016, Vol. 65. DOI: 10.1007/978-981-10-1509-0_4
15. Jiri Korbel, Roman Prokop. Accuracy of Relay Identification Depending on Relay Parameters. *Procedia Engineering*. 2015. Vol. 100, Pp. 370-375. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.01.380
16. Zhang Zhaoyun, Chen Wei, Zhang Zhutian. Research on the relay protection system of micro-grid. *Investigation of micro-lattice relay protection systems*. 2015. Vol 22. DOI: 10.17559/TV-20150210221236
17. Руководство по программированию на C#. URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/csharp/programming-guide/> (дата звернення: 15.06.2021)
18. C# Tutorial. URL: <https://www.w3schools.com/cs/index.php> (дата звернення: 15.05.2021)

					КВРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

19. C# Tutorial. URL: <https://www.tutorialspoint.com/csharp/index.htm> (дата звернення: 15.06.2021)
20. .Net nanoFramework | nanoFramework documentation. URL: <https://docs.nanoframework.net/> (дата звернення: 15.06.2021)
21. Understanding Relays & Wiring Diagrams. URL: https://www.swe-check.com.au/editorials/understanding_relays.php (дата звернення: 15.06.2021)
22. Learn about electronics. URL: <http://www.learningaboutelectronics.com/Relays/> (дата звернення 15.06.2021)
23. STM32 User guide. URL: [https://www.openstm32.org/User Guide](https://www.openstm32.org/User%20Guide) (дата звернення: 15.06.2021)
24. Time-delay relays. URL: <https://www.allaboutcircuits.com/textbook/digital/chpt-5/time-delay-relays/> (дата звернення: 15.06.2021)
25. How relays work. URL: <https://www.galco.com/comp/prod/relay.htm> (дата звернення: 15.06.2021)
26. OOPs Object Oriented Design. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/oops-object-oriented-design/> (дата звернення: 15.06.2021)
27. Design Patterns. URL: <https://www.oodesign.com/> (дата звернення: 15.06.2021)
28. Arm Introduction. URL: <https://www.electronicshub.org/arm-introduction/> (дата звернення: 15.06.2021)
29. Avr Introduction. URL: <https://www.theengineeringknowledge.com/introduction-to-avr-microcontroller/> (дата звернення: 15.06.2021)
30. .NET Micro Framework. URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/archive/msdn-magazine/2015/march/net-micro-framework-the-microsoft-net-framework-in-embedded-applications> (дата звернення: 15.06.2021)
31. Dogan Ibrahim. Chapter 13 - Software timers. *Arm-Based Microcontroller Multitasking Projects*. 2021. Pp. 255-269. DOI: 10.1016/B978-0-12-821227-1.00013-X

					КВРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		59

32. Wu-Hua Chen, Jialin Chen, Wei Xing Zheng. Delay-dependent stability and hybrid L2×l2-gain analysis of linear impulsive time-delay systems: A continuous timer-dependent Lyapunov-like functional approach. *Automatica*. 2020. Vol. 120, DOI: 10.1016/j.automatica.2020.109119.

33. STM32G431. URL: <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32g431rb.html> (дата звернення: 15.06.2021)

34. Colin Walls, Application timers. *Embedded RTOS Design*. 2021. Pp. 237-254, DOI: 10.1016/B978-0-12-822851-7.00015-1

35. Dogan Ibrahim. Chapter 3 - ARM Cortex microcontroller development boards. *Arm-Based Microcontroller Multitasking Projects*. 2021. Pp. 33-45, DOI: 10.1016/B978-0-12-821227-1.00003-7

36. Dogan Ibrahim. Chapter 20 - Car park management system. *Arm-Based Microcontroller Multitasking Projects*. 2021. Pp. 397-412. DOI: 10.1016/B978-0-12-821227-1.00020-7

37. Dogan Ibrahim. Chapter 14 - Some example projects. *Arm-Based Microcontroller Multitasking Projects*. 2021. Pp. 271-321. DOI: 10.1016/B978-0-12-821227-1.00014-1.

38. Dogan Ibrahim. Chapter 4 - Microcontroller Program Development, *Arm-Based Microcontroller Multitasking Projects*. 2014. Pp. 51-66. DOI: 10.1016/B978-0-08099924-1.00004-6.

39. C# and microcontrollers, URL: <https://humbletoolsmith.com/2015/01/04/C-and-Microcontrollers/> (дата звернення: 15.06.2021)

40. .NET nanoFramework taps C# for embedded systems URL:<https://humbletoolsmith.com/2015/01/04/C-and-Microcontrollers/> (дата звернення: 15.06.2021)

					КВРКІ.170171.17.01.11 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		60

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

Лістинг програмного коду

Файл ISignalReader.cs

```
public interface ISignalReader {  
    public abstract GpinPinValue ReadSignal();  
}
```

Файл SignalReader.cs

```
public class SignalReader : ISignalReader {  
    public GpioPin Pin {get; protected set;}  
  
    public SignalReader(GpioController controller, char pin, int pinNumber){  
        Pin = gpioController.OpenPin(PinNumber(pin, pinNumber));  
        Pin.SetDriveMode(PinMode.Input);  
    }  
  
    public override GpioPinValue ReadSignal(){  
        return Pin.Read();  
    }  
}
```

Файл DigitalSignalReader.cs

```
public class DigitalSignalReader : SignalReader {  
    public DigitalSignalReader(GpioController controller, char pin, int  
pinNumber): base(controller, pin, pinNumber){  
    }  
  
    public GpinPinValue ReadDigitalSignal(){  
        return base.ReadSignal();  
    }  
}
```

Файл ISignalWriter.cs

```
public interface ISignalWriter {  
    public GpinPinValue WriteSignal();  
}
```

Файл SignalWriter.cs

```
public class SignalWriter : ISignalWriter {  
    public GpioPin Pin {get; protected set;}  
  
    public SignalWriter(GpioController controller, char pin, int pinNumber){  
        Pin = gpioController.OpenPin(PinNumber(pin, pinNumber));  
        Pin.SetDriveMode(PinMode.Output);  
    }  
  
    public override void WriteSignal(GpinPinValue value){  
        Pin.Write(value);  
    }  
}
```

Файл DigitalSignalWriter.cs

```
public class DigitalSignalWriter : SignalWriter {  
    public DigitalSignalWriter(GpioController controller, char pin, int  
pinNumber): base(controller, pin, pinNumber){  
    }  
  
    public void WriteDigitalSignal(GpinPinValue value){  
        base.WriteSignal(value);  
    }  
}
```

Файл ITimeDelayStrategy.cs

```
public interface ITimeDelayStrategy {  
    public abstract void Delay();  
}
```

Файл TimeDelayStrategyFiveSeconds.cs

```
public class TimeDelayFiveSeconds {  
    public override void Delay(){  
        Thread.Sleep(5000);  
    }  
}
```

Файл TimeDelayStrategyTenSeconds.cs

```
public class TimeDelayFiveSeconds {
    public override void Delay() {
        Thread.Sleep(10000);
    }
}
```

Файл DelayType.cs

```
public enum DelayType {
    FiveSecondsDelay,
    TenSecondsDelay
}
```

Файл TimeDelayStrategyFactory.cs

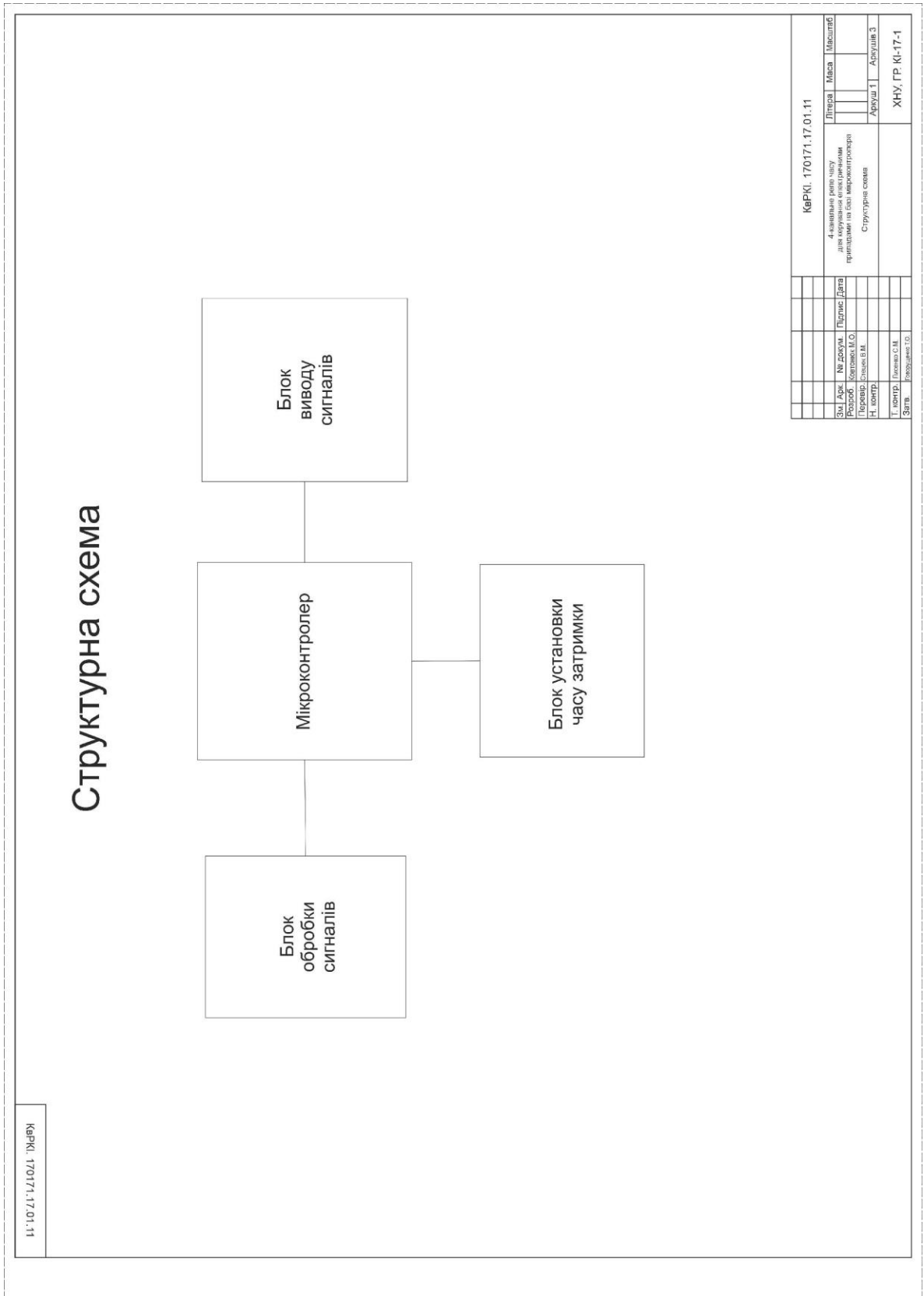
```
public class TimeDelayStrategyFactory {
    private Dictionary<DelayType, ITimeDelayStrategy> _container = new
Dictionary<DelayType, Func<ITimeDelayStrategy>>{{DelayType.FiveSecondsDelay, ()=>
new FiveSecondsDelay()}, {DelayType.TenSecondsDelay, ()=>new TenSecondsDelay()}}

    private static TimeDelayStrategyFactory _instance = new
TimeDelayStrategyFactory();
    private TimeDelayStrategyFactory(){}
    public static TimeDelayStrategyFactory Instance => _instance;
    public TimeDelayStrategy New(DelayType delayType) {
        return _container[delayType].Invoke();
    }
}
```

ДОДАТОК Б

(обов'язковий)

Копія схеми «Структурна схема»



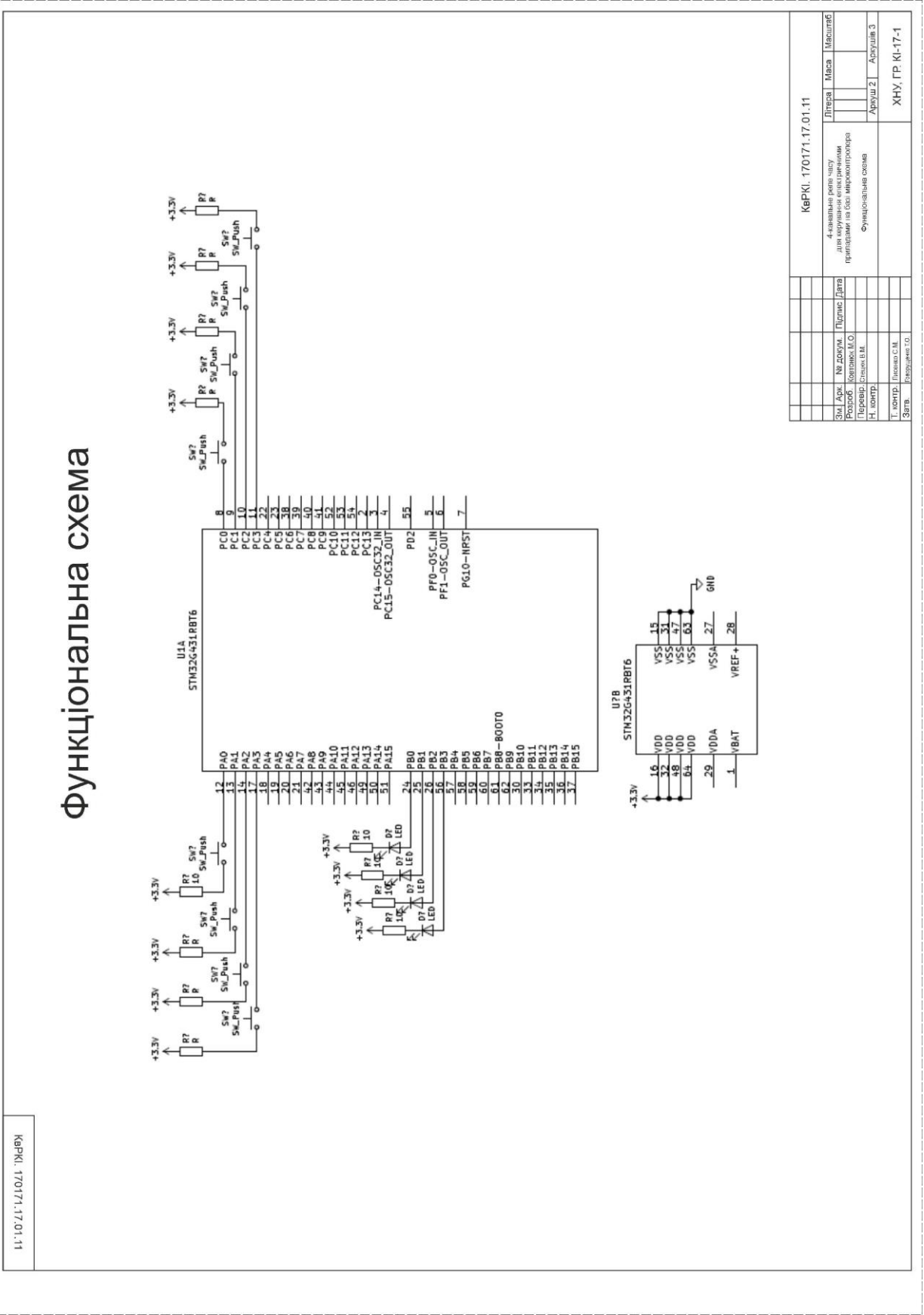
КЕРКІ. 170171.17.01.11

КЕРКІ. 170171.17.01.11		Ліпень	Місяць
4-значний роз'яснювальний додаток до мікроконтролера			
Структурна схема	Аркуш 1	Аркуш 3	
ХНУ, ГР-КІ-17-1			
Т. розр.	Т. розр.	Т. розр.	Т. розр.
Затв.	Розроблено С.М.	Розроблено С.М.	Розроблено С.М.

ДОДАТОК В

(обов'язковий)

Копія схеми «Функціональна схема»



КвРКІ. 170171.17.01.11			
Зм. Арк.	№ докум.	Питання	Дата
Розроб.	Корекція	М.О.	
Перевір.	Контроль	І.М.	
Н. контр.			
Т. контр.	Ліцензія	С.М.	
Затв.	Розробник	О.О.	
Літера	Масштаб	Аркуш 2	Аркуш 3
4-кваліфікаційний центр для вирішення електричних проблем на базі мікроконтролера			ХНУ, ГР. КІ-17-1
Функціональна схема			

Ім'я користувача:
Кафедра КІ

ID перевірки:
1008320355

Дата перевірки:
17.06.2021 13:16:09 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
17.06.2021 13:16:26 EEST

ID користувача:
100005591

Назва документа: Ковтонюк_4-канальне реле часу для керування електричними приладами на базі мікрокон...

Кількість сторінок: 55 Кількість слів: 8533 Кількість символів: 67718 Розмір файлу: 3.21 MB ID файлу: 1008387135

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

11% Схожість

Найбільша схожість: 10% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1008248421)

7.45% Джерела з Інтернету

40

Сторінка 57

10.8% Джерела з Бібліотеки

88

Сторінка 57

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Підозріле форматування

9
сторінок

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальное совпадение с одним документом 1.0%

Словари проверки: en_US, ru_RU, ua_UA. **Ошибок в документах: 20%**

ID: 94509 Название: 4-канальне реле часу для керування електричними приладами на базі мікроконтролера Добавлено в БД: 2021-06-17 Авторы: Ковтонюк М.О. Руководители: Стецюк В.М. Консультанты: Оponentы:	Документ		Суммарное совпадение по Базе Данных	
	Символы	Лексемы	Символы	Лексемы
	56273	456	768 (1%)	11 (2%)

Источник плагиата

ID	Описание	Наличие плагиата в документе	
		Символы	Лексемы

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Дипломник Ковтонюк Микола Олексійович

Тема Чотирьох-канальне реле часу для керування електричними пристроями

Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

Обсяг кваліфікаційного проекту:

кількість листів креслень 3; кількість сторінок записки 65

1. Короткий зміст КП та прийнятих рішень В рамках кваліфікаційної роботи було спроектовано чотирьох-канальне реле часу, яке призначається для керування електричними пристроями.

2. Висновок про відповідність КП кваліфікаційному завданню Кваліфікаційна робота у повній мірі відповідає поставленому завданню як в теоретичній, так і в практичній частині даного проекту.

3. Характеристика виконання кожного розділу проекту, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому, теоретичному, розділі кваліфікаційної роботи розглянуті методи вирішення поставленої задачі, був проаналізований кожен аспект, який стосується теми кваліфікаційної роботи. У наступному розділі було здійснено обґрунтування обраних компонентів системи на основі порівняння різних можливих варіантів побудови цієї системи. У основній проектній частині роботи було реалізовано реле часу. В загальному усі розділи відповідають завданню та містять сучасні методи вирішення поставлених завдань.

4. Позитивні сторони проекту Кваліфікаційна робота відповідає сучасним вимогам до проектування реле часу. Важливим позитивним аспектом кваліфікаційної роботи є реалізована можливість змінювати час затримки для кожного каналу реле часу. Досить детально було описано вибір компонентів для проектування реле часу.

5. Негативні сторони проекту Невелика кількість теоретичного матеріалу, не досить детально описано реалізацію програмної частини роботи. В рамках кваліфікаційної роботи варто було приділити більшу увагу для опису реалізації реле часу.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки проекту Графічне оформлення виконане відповідно до суті кваліфікаційної роботи. У першому листі креслення відображена структурна схема. У другому листі креслення розглянута функціональна схема пристрою. Останній із листів креслення присвячений принциповій схемі. В загальному графічне оформлення виконане на належному рівні. Пояснювальна записка відповідає задекларованим нормам для її оформлення.

7. Відгук про проект в цілому В загальному дипломний проект описаний достатньо. Весь матеріал дипломного проекту структурований, чіткий та послідовний. Усі розділи проекту йдуть у вірній послідовності, що дозволяє чітко розуміти викладений матеріал в рамках даного дипломного проекту. Графічний матеріал дозволяє наочно побачити доцільність та ефективність рішень, які були прийняті за основу при проектуванні реле часу.

8. Інші зауваження

9. Оцінка кваліфікаційної роботи Розглянувши позитивні та негативні сторони представленого дипломного проекту, можна зробити висновок, що він заслуговує оцінку «задовільно»/3,50/D.

РЕЦЕНЗЕНТ (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) доцент кафедри автоматизації, комп'ютерно-інтеграційних технологій та телекомунікаційній, к.т.н. Федула Микола Васильович

« _____ » _____ 2021 р.

(підпис)

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

Ковтонюк М.О.

ІІІБ здобувача вищої освіти

ФПКТС, 4 курсу, групи КІ-17-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіатоповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

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

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

дата



підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА СИСТЕМНОГО ПРОГРАМУВАННЯ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

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

Назва: Чотирьох-канальне реле часу для керування електричними двигавками

Автор: Ковтонюк Микола Олександрович

Спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Стецюк Василь Миколайович, старший викладач

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

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

Підтвердження:

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

- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні;
- 3) серед запозичень знаходяться загальновідомі терміни, скорочення та визначення.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 11% і азресується до 40 першоджерела, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІСП

В.М. Стецюк

С.М. Лисенко

Т. О. Говорушенко