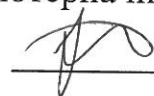


Міністерство освіти і науки України
Державний університет «Житомирська політехніка»
Факультет інформаційно-комп'ютерних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії та кібербезпеки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра
на тему: «Проект багатофункціонального
мікропроцесорного пристрою
для інформаційно-управляючого комплексу»

Виконав студент 4-го курсу, групи КІ-3
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

 І.Д. Лімінович

Керівник к.т.н., доцент, доцент кафедри КІ та КБ

 В.П. Полторак

Рецензент старший викладач кафедри ПІЗ

 Т.М. Локтікова

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
(назва прописними)
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА КІБЕРБЕЗПЕКИ
(назва прописними)

СПЕЦІАЛЬНІСТЬ КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ
(назва прописними)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри комп'ютерної інженерії та кібербезпеки

(назва кафедри)

Єфіменко А.А.



« 12 » квітня 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на випускню кваліфікаційну роботу

Студента Ліміновича Івана Дмитровича

Тема роботи: Розробка багатofункціонального мікропроцесорного пристрою для інформаційно-управляючого комплексу

Затверджена Наказом університету від « 12 » квітня 2021 р. № 133/с

Термін здачі студентом закінченої роботи 19 червня 2021р.

Вихідні дані роботи (зазначається предмет і об'єкт дослідження: пристрій буде застосовуватися як один із функціональних модулів інформаційно-управляючого комплексу; кількість об'єктів телеуправління – 2; тип вихідних сигналів – телеуправління; час утримування вихідних реле у робочому стані від 1 до 10с.; кількість вхідних сигналів телевимірювання – 4; діапазон зміни вхідних аналогових сигналів – 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА, мінус 5...0...5 мА; кількість вхідних дискретних сигналів телесигналізації – 8; рядність оброблюваної інформації -12; час очікування підтвердження приймання переданої інформації – від 1 до 255с.; потужність споживання – менше 1,5 Вт.

Консультанти з випускної кваліфікаційної роботи із зазначенням розділів, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Полторак В.П.		
2	Полторак В.П.		
3	Полторак В.П.		

Керівник


(підпис)

Календарний план

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Видача завдання	12 квітня 2021	виконано
2	Розробка плану роботи	15 квітня 2021 – 21 квітня 2021	виконано
3	Розробка розгорнутого плану	22 квітня 2021 - 30 квітня 2021	виконано
4	Подача чернетки керівнику для перевірки	25 травня 2021	виконано
5	Доопрацювання роботи та перевірка керівником	26 травня 2021 - 4 червня 2021	виконано
6	Затвердження графічних матеріалів у керівника	6 червня 2021	виконано
7	Проведення попереднього захисту	12 червня 2021	виконано
8	Отримання відгуку керівника	13 червня 2021	виконано
9	Допуск завідувача кафедри	15 червня 2021	виконано
10	Подання роботи на рецензування	16 червня 2021	виконано

Студент 
(підпис)

Керівник 
(підпис)

РЕФЕРАТ

У кваліфікаційній роботі бакалавра представлено розробку багатофункціонального мікропроцесорного пристрою для інформаційно-управляючого комплексу. Пристрій забезпечує виконання трьох функцій: телеуправління, телевимірювань та телесигналізації. Тим самим пропонується пристрій поєднує в собі три найбільш важливі функціональні модулі інформаційно-управляючого комплексу – модуль приймання команд телеуправління, модуль телевимірювань, модуль введення дискретних сигналів. Це має важливе значення у випадках, якщо кількість датчиків та виконавчих механізмів є невеликою. Замість застосування декількох повноцінних функціональних модулів різних типів з'являється можливість застосування одного багатофункціонального модуля. Описано структурну схему, алгоритм роботи розробленого пристрою.

Оснoву схеми пристрою становить сигнальний мікроконтролер STM32F407VET6. Також розроблені принципіальна електрична схема багатофункціонального пристрою та програма для мікроконтролера. Програма написана на мові C. Були проведені експериментальні дослідження розробленого пристрою.

Апробація роботи:

- 1) І науково-практична конференція Комп'ютерне моделювання та інформаційні технології (м. Львів, 10-12 жовтня 2019);
- 2) Всеукраїнська науково-практичної on-line конференції, присвяченої Дню науки (Житомир, 11-15 травня 2021).

Пояснювальна записка до випускної бакалаврської роботи містить 72 сторінки, 20 рисунків, 2 таблиці, 4 додатки та 31 літературне джерело.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: інформаційно-управляючий комплекс, телеуправління, телесигналізація, телевимірювання, багатофункціональність, мікроконтролер, мова програмування C.

					КІ.КР.Б – 123 – 21 – ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка багатофункціонального мікропроцесорного пристрою для інформаційно-управляючого комплексу Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Лімінович І.Д.		16.06.21				
Керівник		Полторак В.П.		16.06.21			4	72
Реценз.		Локтікова Т.М.		17.06.21		Житомирська політехніка, група КІ-3		
Н. контр.								
Зав. каф.		Єфіменко А.А.		16.06.21				

ABSTRACT

The qualification work of the bachelor presents the development of a multifunctional microprocessor device for the information and control complex. The device provides three functions: telecontrol, telemetry and telealarm. The proposed device combines the three most important functional modules of the information-control complex - the module of receiving commands of telecontrol, the module of telemetry, the module of input of discrete signals. This is of great importance in cases where the number of sensors and actuators is small. Instead of using several full-fledged functional modules of different types, it is possible to use one multifunctional module. This work presents the description of the structural scheme, as well as the algorithm of work of the developed device.

The main part of the device circuit plays the signal microcontroller STM32F407VET6. Also the basic electric scheme of the multifunctional device and the program for the microcontroller are developed. The program is written in C language. Experimental studies of the developed device were carried out.

Approbation of work:

1) I scientific-practical conference Computer modeling and information technologies (Lviv, October 10-12, 2019);

2) All-Ukrainian scientific-practical on-line conference dedicated to the Day of Science (Zhytomyr, May 11-15, 2021).

The explanatory note to the final bachelor's thesis contains 70 pages, 20 figures, 2 tables, 4 appendices and 31 references.

KEY WORDS: information-control complex, telecontrol, telesignaling, telemetry, multifunctionality, microcontroller, C programming language.

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	9
1.1 Інформаційно-управляючий комплекс: призначення, галузі застосування, структура, принципи функціонування	9
1.2 Обґрунтування необхідності багатофункціональності пристрою	13
1.3 Аналіз існуючих аналогів.....	14
1.4 Визначення вимог до розроблюваного пристрою	16
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ..	20
2.1 Розробка структурної схеми та алгоритму роботи	20
2.2 Розробка принципіальної електричної схеми	27
2.3 Розробка програми для мікроконтролера	37
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ СХЕМИ ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧОГО КОМПЛЕКСУ.....	45
3.1 Вибір середовища моделювання схеми	45
3.2 Конструювання схеми в додатку	49
3.3 Результат моделювання схеми.....	52
ВИСНОВКИ.....	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	62
ДОДАТКИ.....	65

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

Інформаційно-управляючий компелкс – ІУК

Автоматизована система диспетчерського управління – АСДУ

Телеуправління – ТУ

Телесигналізація – ТС

Телевимірювання – ТВ

Комплементарна структура метал-оксид-напівпровідник – КМОН

Мікроконтролер – МК

Інтегральна мікросхема – ІМС

Altium Designer – AD

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Інформаційно-управляючі комплекси є важливим елементом для управління та контролю за об'єктами промисловості. Інформаційно-управляючі комплекси, зазвичай, застосовуються на різних промислових об'єктах енергетичної галузі, міських комунальних господарствах, нафтових та інших родовищах, залізничних об'єктах. Основними функціями таких систем є телеуправління виконавчими механізмами, телесигналізація та телевимірювання.

Разом із розвитком інтегральних мікросхем розвивались і інформаційно-управляючі комплекси. Сучасні пристрої повністю відмовились від використання мікросхем малого та середнього ступеня інтеграції на користь застосування мікроконтролерів та мікропроцесорів. Також розвиток інформаційно-управляючих комплексів характеризується використанням загальнодоступних програмованих мікроконтролерів та інших мікросхем, на відміну від минулого покоління, де застосовувались спеціалізовані мікросхеми адаптовані для роботи тільки в таких спеціалізованих системах.

Враховуючи область застосування інформаційно-управляючих комплексів, кількість датчиків та виконавчих механізмів, у більшості випадків, є великою. Проте, іноді є потреба у забезпеченні телеуправління, телесигналізації чи телевимірювань у системах з невеликою кількістю датчиків та виконавчих механізмів. Тому, щоб зменшити апаратні затрати, споживчу потужність або габаритні розміри, є доцільним об'єднати в одному пристрої декілька функцій, інакше кажучи – забезпечити реалізацію цілого ряду функцій в одному пристрої.

У даній кваліфікаційній роботі пропонується розробка багатофункціонального мікропроцесорного пристрою для інформаційно-управляючого комплексу.

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Інформаційно-управляючий комплекс: призначення, галузі застосування, структура, принципи функціонування

Інформаційно-управляючий комплекс — цифрова система контролю або управління деяким реальним об'єктом.

Телемеханіка — галузь науки та техніки, яка займається розробкою, створенням і використанням засобів кодування, передачі і прийому інформації по каналах провідного і радіозв'язку[1]. У системах телемеханіки інформація зазвичай передається в закодованому вигляді по одному каналу зв'язку. Засоби телемеханіки використовуються для телевимірювань і телеуправління об'єктами енергосистем, газо- і нафтопроводів, атомних електростанцій, деяких хімічних підприємств, автоматичних метеостанцій і ін.

Автоматизовані системи диспетчерського управління виконують такі основні функції:

- телеуправління виконавчими механізмами;
- телесигналізація стану контрольованих виконавчих механізмів та інших датчиків (сигналізацій);
- телевимірювання поточних значень параметрів (електричної мережі).

ІУК використовуються для контролю, управління і вимірювання в автоматизованих системах управління об'єктами енергетики, освітлення міст, залізниці, промислових підприємств, метрополітену, електрифікованого міського транспорту, водоканалів, нафтопромисловості.

Так як ІУК мають забезпечувати прийом, передачу, обробку, відображення і ретрансляцію інформації, вони складаються з пристроїв контрольованих пунктів та пристроїв пунктів управління. Вони включають в себе пристрої вводу дискретних, аналогових та кодових сигналів і повідомлень, виведення команд управління; контролери; блоки проміжних реле і управління моторними приводами.

ІУК включають підсистеми управління, контролю і вимірювання.

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Узагальнена структура сучасних інформаційно-управляючих комплексів приведена на рис. 1.1.

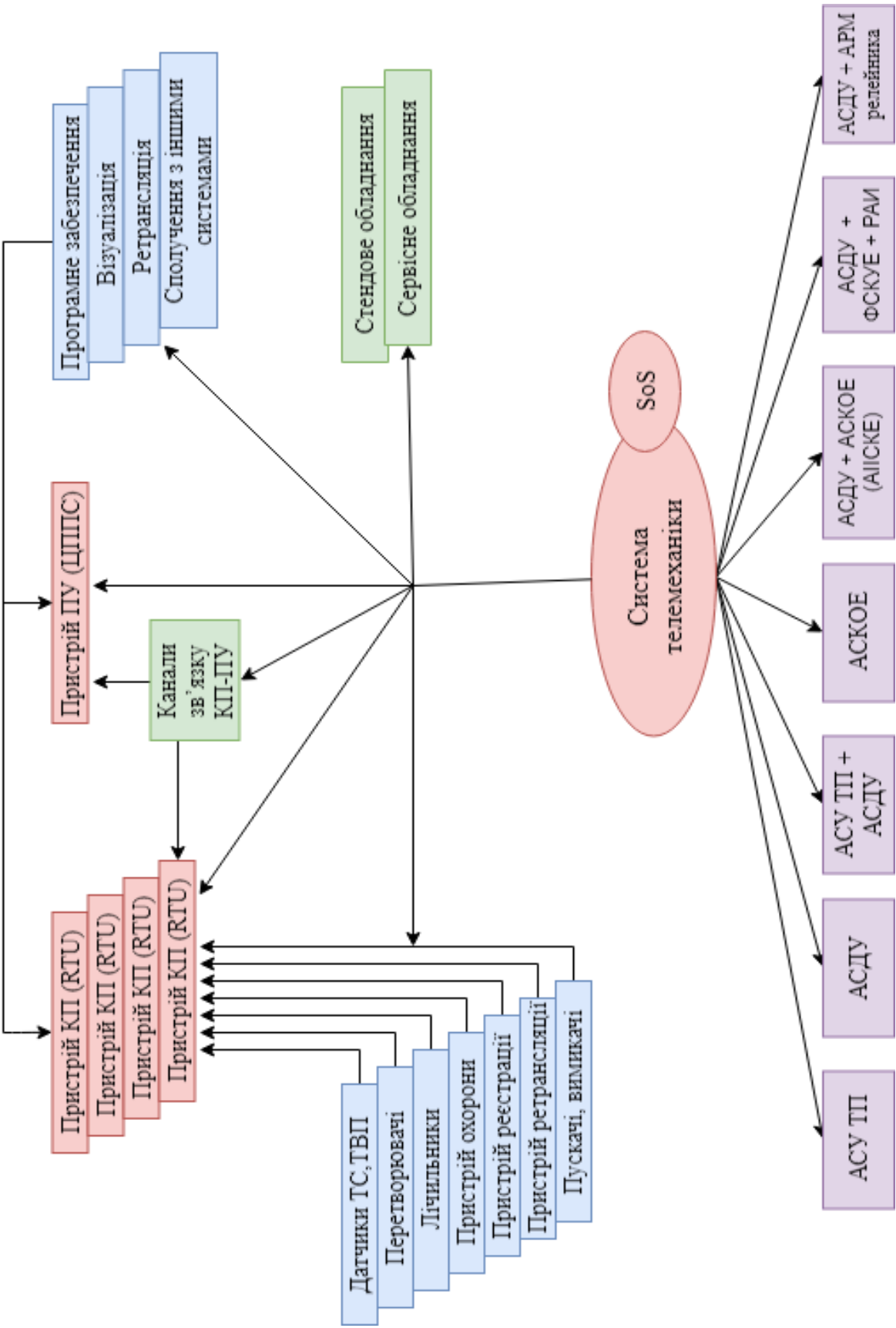


Рисунок 1.1 – Структура ІУК (на прикладі ІУК «Гранітмикро»)

Розвиваючись, інформаційно-управляючі комплекси розвинулись від релейно-контактних систем до багатопроцесорних пристроїв. Сучасний ІУК є телемеханічною системою 4-го покоління із застосуванням мікропроцесорів у своєму складі.[2]

Структура однорівневого інформаційно-управляючого комплексу зображена на рис. 1.2.

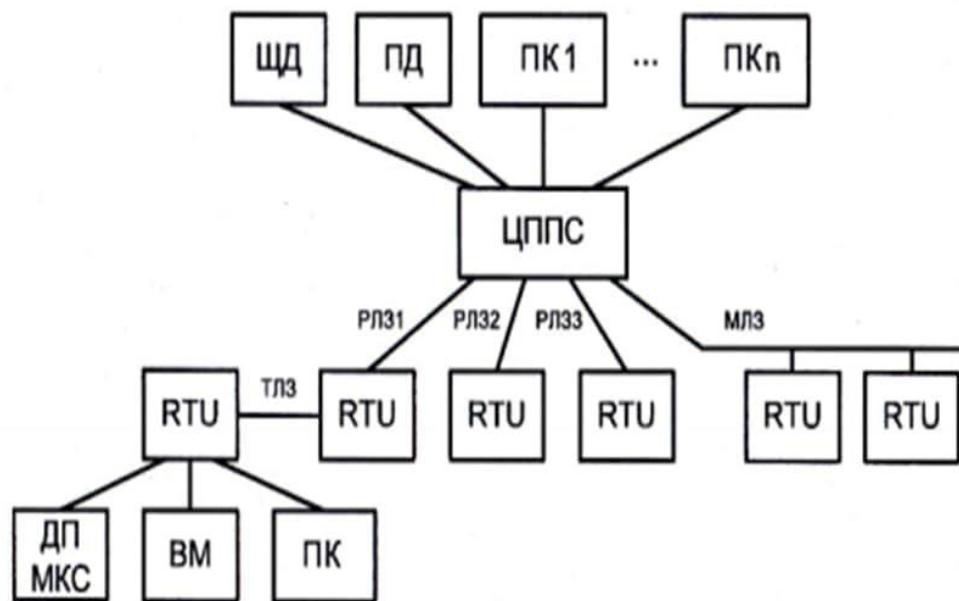


Рисунок 1.2 – Структура однорівневого ІУК

До складу однорівневого інформаційно-управляючого комплексу входять: центральна приймально-передавальна станція (ЦППС) або пристрій пункту управління (ПУ), декілька пристроїв контролюваного пункту (КП або remote terminal unit – RTU). Лінії зв'язку (ЛЗ) сполучають центральну приймально-передавальну станцію та пристрої контролюваного пункту. ЦППС складається з монітору диспетчера, пульту диспетчера та персонального комп'ютера, на базі якого формується обчислюваний центр(ОЦ).

Також, до складу інформаційно-управляючого комплексу входить диспетчерський щит (ЩД), пульт диспетчера (ПД), магістральні лінії зв'язку (МЛЗ), датчики повідомлюваних, метрологічних, кодових сигналів (ДПМКС), виконавчі механізми (ВМ), радіальні лінії зв'язку (РЛЗ), транзитні лінії зв'язку (ТЛЗ).

Багаторівневим ІУК називається інформаційно-управляючий комплекс, до складу якого входить декілька центральних приймально-передавальних станцій.

Сучасні ІУК конструюються за магістрально-модульним принципом. Це система, за якої пристрій складається з внутрішньої магістралі, яка управляється контролером внутрішньої магістралі та різних модулів, які виконують свої функції та обмінюються інформацією за допомогою магістралі[2].

Центральна приймально-передавальна станція є найважливішою частиною ІУК. Її структура зображена на рис. 1.3.

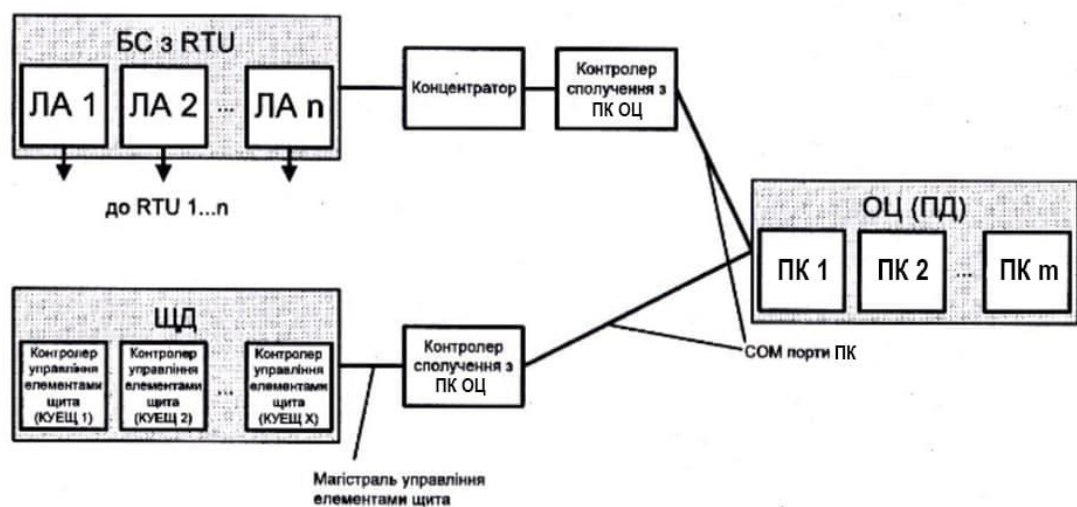


Рисунок 1.3 – Структура ЦППС

Крім раніше зазначених позначень на рисунку зображено блок сполучення (БС), лінійний адаптер (ЛА) та оброблюваний центр (ОЦ).

БС відповідає за сполучення центральної приймально-передавальної станції з пристроєм контролюваного пункту. Блок сполучення утворюється за допомогою лінійних адаптерів. Лінійні адаптери – це елементи, які забезпечують обмін інформації лініями зв'язку, які використовуються в інформаційно-управляючому комплексі. Вигляд лінійного адаптера залежить від типу лінії зв'язку, яка сполучає RTU з ЦППС. При використанні радіальних ліній зв'язку кількість ЛА буде дорівнювати кількості контролюваних пунктів, а при використанні магістральних ліній зв'язку кількість лінійних адаптерів менша за кількість RTU.

Управління блоком лінійних адаптерів відбувається концентратором контролера внутрішньої магістралі, який регулює обмін інформації між

оброблюваним центром центральної приймально-передавальної станції з пристроєм контрольованого пункту. Далі, від концентратора, через спеціальний контролер сполучення, дані надходять до ПК.

Один або декілька персональних комп'ютерів формують оброблювальний центр центральної приймально-передавальної станції. Рекомендовано використовувати декілька ПК, які функціонують незалежно одне від одного, та налаштувати створення бекапів баз даних. Це забезпечить більшу надійність системи та контроль за збоями в системі.

Контролер управління елементами щита служить для відображення даних за допомогою індикаторів, наприклад світлодіодів, які під'єднані до виходів контролерів панелей щита. Структура RTU інформаційно управляючого комплексу зображена на рис. 1.4.



Рисунок 1.4 – Структура контрольованого пункту

Для передачі та приймання управляючих, інформаційних та інших сигналів використовується внутрішня магістраль, які керується контролером внутрішньої магістралі: концентратором супервізорного управління, який управляє та регулює обмін даними між центральною приймально-передавальною станцією та пристроєм контрольованого пункту.

1.2 Обґрунтування необхідності багатфункціональності пристрою

Особливість, яка відрізняє телемеханіку від телефонії, телеграфії та інших наук та технологій, пов'язаних з передачею інформації на відстань, це необхідність високої точності передачі, неприпустимість значного запізнювання сигналів, висока надійність передачі команд управління, висока автоматизація

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

процесів збору і використання інформації. Дані особливості пов'язані з областю задач, які вирішує телемеханіка. Телемеханізовані системи зазвичай використовуються на нафтопроводах, залізничних вузлах, енергосистемах та інших об'єктах, які територіально роз'єднані та які потрібно об'єднати в єдину виробничу систему.

Як правило, інформаційно-управляючі комплекси функціонували як автоматизовані системи диспетчерського управління. Залежно від функцій, які вони виконують та інформації, яку передають, телемеханічні комплекси діляться на:

Телеуправління – управління станом дискретних об'єктів та об'єктів з неперервною множиною станів методами та засобами телемеханіки.

Телесигналізація – отримання інформації про стан контрольованих і керованих об'єктів, які мають ряд можливих дискретних станів, методами і засобами телемеханіки.

Телевимірювання – отримання інформації про значення вимірюваних параметрів (напруги, струму, тиску, температури і т. п.) контрольованих і керованих об'єктів методами і засобами телемеханіки.

Телерегулювання (ТР) – здійснюють передачу із пункту управління керованому об'єкту сигналів встановлення деяких параметрів, маючи множину неперервних станів.

Передача цифрової інформації на відстань здійснюються системами передачі даних (СПД).

Комбіновані або багатофункціональні ІУК можуть об'єднувати у собі декілька вищеперерахованих систем в один пристрій. Наприклад системи ТР-ТВ, ТУ-ТС, ТУ-ТС-ТВ і т.і.

1.3 Аналіз існуючих аналогів

Розглянемо декілька доступних на ринку пристроїв, які виконують аналогічні функції, щоб зрозуміти їх переваги та недоліки.

Пристрій телеуправління ВІТЕР-3М

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Пристрій призначений для здійснення централізованого обміну інформацією між технологічними об'єктами, контролю і керування розосередженими об'єктами і поверхневим диспетчерським пунктом. Імітатор призначений для імітації спрацьовування датчиків телесигналізації і включення (виключення) об'єктів телеуправління, а також для імітації довжини лінії зв'язку для одного КП. Пристрій ВІТЕР-3М застосовується в підземних виробках шахт, родовищ та в їхніх надземних спорудах.

До складу пристрою ВІТЕР-3М входить до 10 апаратів телемеханіки контрольованих пунктів (апаратів КП) і пульт управління, встановлюваний в диспетчерському пункті. Апарат КП використовується при роботі з високовольтними осередками типу ЯВ-6400, КРУВ-6, РВД-6, водовідводом, вентиляторами, стаціонарними конвеєрними лініями та іншими розосередженими об'єктами.

В якості пульта управління використовується комп'ютеризований пульт управління (Вітер-До) або апарат телемеханіки пункту управління (апарат ПУ). Комп'ютеризований пульт управління складається з двох комп'ютерів: робочого та резервного, програмного забезпечення і модуля прийому/передачі інформації (ІМПІ).

Модуль телесигналізації TOPAZ TM DIN16C-Pr

Модуль призначений для використання в якості пристрою сполучення з об'єктом (ПСО) нижнього рівня, для виконання функцій телесигналізації дискретного стану об'єктів з можливістю підрахунок кількості спрацьовувань. Канали телесигналізації призначені для підключення каналів дискретного введення. Канали ТС об'єднані в групу з 16 каналів. Група каналів може бути використана для підключення датчиків типу "сухий контакт", датчиків з живленням від зовнішнього джерела постійного струму, або підключення точок контролю наявності напруги з рівнями напруги 5 ... 220 В (АС / DC).

Канали телесигналізації піддають лічений дискретний сигнал додаткової цифрової фільтрації, для усунення ефекту "брязкоту" контактів. Для кожної групи каналів задаються пороги логічної "одиниці", логічного "нуля" і час

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

інтегрування сигналу цифрового фільтра за допомогою програми «HW TOPAZ (ITDS) Конфігуратор».

Пристрій телеуправління УТБ-3

Пристрій телеуправління, телесигналізації і телевимірювання УТБ-3 призначений для використання в електричних схемах, що містять в собі різні елементи автоматичної і телемеханічної апаратури, і є основним обладнанням, яке здійснює операції контролю і управління комутаційними апаратами електричних станцій і підстанцій з єдиного диспетчерського пункту.

Пристрій УТБ-3 призначений:

1. для контролю положень високовольтних вимикачів
2. для дистанційного виклику вимірювання електричного навантаження споживачів

Пристрій УТБ-3 включає в себе:

1. Диспетчерський щит (пульт) з мнемосхемою контрольованих пунктів і комутаційної апаратурою
2. Апаратура формування каналів зв'язку між диспетчерським пунктом (ДП) і контрольованими пунктами
3. Телевимірювальні пристрої
4. Апаратура місцевого автоматичного управління обладнанням КП

Розглянуті пристрої безумовно є якісними, проте перші два не є багатофункціональними, а другий застарілий.

1.4 Визначення вимог до розроблюваного пристрою

Інформаційно-управляючі комплекси, зазвичай, застосовуються на різних промислових об'єктах енергетичної галузі, міських комунальних господарствах, нафтових та інших родовищах, залізничних об'єктах.

За цією причиною, обираючи елементну базу інформаційно-управляючого комплексу, ми маємо враховувати такі особливості:

- 1) швидкодія елементів не є суттєво важливою, тому що інформація передається на великі відстані, які можуть варіюватися від десятків метрів до тисяч

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

кілометрів, і швидкість передачі даних по каналах зв'язку набагато нижча, ніж швидкодія пристрою. Набагато важливішим є достовірність даних, які передаються;

2) розроблюваний пристрій має бути спроможним працювати при температурах в діапазоні від мінус 30 до +50 °С. Це зумовлено тим, що RTU інформаційно-управляючого комплексу може бути розміщеним у важкодоступних та необслуговуваних місцях, які не опалюються, на виробництвах, тощо;

3) завадостійкість є одним з вирішальних параметрів, через те, що інформаційно-управляючі комплекси встановлюються на промислових та виробничих об'єктах, поблизу яких є джерела перешкод, які можуть пошкоджувати інформацію, що передається та заважати її передачі;

4) рівень споживання пристроєм електроенергії має бути низьким. ІУК часто використовуються в системах видобування газу, нафти або інших корисних копалин, та на шляхах їх транспортування. Це місця віддалені від джерел живлення та на яких воно може бути непостійним, тому необхідно мінімізувати споживання електроенергії пристроями контрольного пункту.

Інформаційно-управляючі комплекси розвиваються, сучасні пристрої перейшли на застосування мікропроцесорів та мікроконтролерів, на відміну від минулого покоління ІУК, яке застосовувало інтегральні мікросхеми малого та середнього рівня інтеграції. Також з переходом на більш сучасні елементи збільшилась швидкодія пристроїв та швидкість обмінів інформацією між пристроями.

Сучасні інформаційно-управляючі комплекси застосовують КМОН інтегральні мікросхеми. Для проведення логічних операцій, введення, виведення та обробки даних використовуються інтегральні мікросхеми середнього та великого ступеня інтеграції.

Враховуючи особливості роботи і застосування КМОН інтегральних мікросхем, потрібно дотримуватись таких правил:

1. Для забезпечення високого входного опору, а отже для забезпечення майже повної відсутності споживання по входу, у входному ланцюзі інтегральної мікросхеми має бути наявним оксид. Проте, це може викликати небезпеку

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

пробивання діелектрика вхідного ланцюга через вплив статичних потенціалів. У деяких типах ІМС для запобігання пробивання у вхідному ланцюзі встановлюється захисний ланцюжок. Якщо при розробці електричної схеми встановлюється ІМС, яка не має захисного ланцюжка, то такий ланцюжок необхідно встановити поза мікросхемою, особливо якщо вхідні ланцюги мікросхеми з'єднуються з іншими елементами за допомогою роз'ємного з'єднання. Для того, щоби виключити неоднозначність сигналів на входах ІМС, усі незадіяні входи логічних схем або потрібно з'єднати з нульовою шиною живлення, а незадіяні входи логічних схем І – із незануленою шиною живлення.

2. Для полегшення боротьби з завадами є потреба використання напруги живлення більш високого рівня при конструюванні схем інформаційно-управляючих комплексів. КМОН інтегральні мікросхеми характеризуються широким діапазоном допустимих напруг живлення від 3 до 15 В.

3. Буферні підсилювачі застосовуються для сполучення ІМС із зовнішніми ланцюгами. Це зумовлено тим, що навантажувальна здатність КМОН інтегральних мікросхем відносно мала – не більше 0,5 мА по одному виходу.

4. У складних схемах, при реалізації внутрішніх зв'язків немає необхідності у встановленні повторювачів або узгоджувальних елементів. Це пов'язано з тим, що споживання по входу у КМОН ІМС практично відсутнє, коефіцієнт розгалуження виходу ІМС більший 50.

5. Конденсатор ємністю більше 20 мФ встановлюється між шинами від джерела живлення. Це робиться задля зменшення або повного усунення впливу зовнішніх завад, що проникають по шинам живлення на вході друкованої плати. Крім того, на платі рівномірно, для кожних 2 – 3 мікросхем, між шинами живлення потрібно встановлювати неелектролітичні конденсатори ємністю 0,05 мФ.

Виходячи з вищевикладеного, сформуємо технічні вимоги до розроблюваного багатофункціонального пристрою:

- пристрій буде застосовуватися як один із функціональних модулів інформаційно-управляючого комплексу;
- кількість об'єктів телеуправління – 2;

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

- тип вихідних сигналів – телеуправління;
- час утримування вихідних реле у робочому стані від 1 до 10с.;
- кількість вхідних сигналів телевимірювання – 4;
- діапазон зміни вхідних аналогових сигналів – 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА, мінус 5...0...5 мА;
- кількість вхідних дискретних сигналів телесигналізації – 8;
- розрядність оброблюваної інформації -12;
- час очікування підтвердження приймання переданої інформації – від 1 до 255с.
- завадостійкий код – циклічний із утворюючим поліномом $x^{15}+x^{12}+x^5+1$;
- внутрішній інтерфейс – SPI;
- протокол – HDLC;
- потужність споживання – менше 1,5 Вт.

Висновки до першого розділу

У першому розділі було проаналізовано інформаційні джерела. З’ясовано призначення, галузі застосування, структуру та принципи функціонування інформаційно-управляючого комплексу. Обґрунтовано та описано багатфункціональність розроблюваного пристрою. Сформовано вимоги до пристрою та проаналізовано аналогічні системи, які є на ринку.

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

2.1 Розробка структурної схеми та алгоритму роботи

Однією з найважливіших складових ІУК є комбінований пристрій телеуправління та телесигналізації. Він дозволяє приймати команди телеуправління, проводити введення телевимірювання поточних значень параметрів та введення дискретних сигналів.

У даному пристрої об'єднується три модулі, а саме: пристрій приймання команд телеуправління (ТУ), пристрій телевимірювань поточних значень (ПЗ) параметрів та пристрій дискретних станів (ДС) параметрів для інформаційно-управляючого комплексу.[13]

Важливо визначити функції, які мають виконуватися даним пристроєм.

ТУ розробленого пристрою має перевіряти коректність прийнятої команди управління. Перевіркою передбачається декодування прийнятого циклічного коду і фіксація обнулення контрольного коду. Також пристрій має формувати вихідні сигнали для управління вбудованими в пристрій проміжними реле, встановлювати тайм-аут на час переходу реле в робочий стан, формувати сигнали для виконання процедур порівняння сигналів, отриманих від реле, з командами, поданими на реле, утримувати реле в робочому стані протягом встановленого інтервалу часу.

ПЗ розробленого пристрою має забезпечувати введення поточних значень сигналів від одного до чотирьох датчиків телевимірювань та супровід даних додатковою міткою часу - кодом, що відображає часовий зсув між першою «подією» і початком передачі даних.

ДС розробленого пристрою має:

- фіксувати послідовності змін стану контрольованих об'єктів (подій) з дискретністю 2,5-20 мс,
- супроводжувати «події» відносними мітками часу, які відповідають часовим зсувам між першою і кожною наступною подією,
- супроводжувати дані додатковою міткою часу - кодом, що відображає часовий зсув між першою «подією» і початком передачі даних,

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

- при введенні і обробці сигналів стану контрольованих об'єктів проводити діагностику справності ланцюгів зв'язку пристрою з датчиками. Передані пристроєм дані дозволяють ідентифікувати короткі замикання і обриви зазначених ланцюгів;

- забезпечити інформаційні обміни по внутрішній магистралі пристрою КП по інтерфейсу SPI. При прийомі команди виклику даних в пристрій подається повідомлення, що містить адресу КП, відповідну команду і контрольну послідовність для використовуваного циклічного коду, при прийомі команди управління пристрій сприймає координати адреси об'єкта управління і вид виконання попередньої команди «ввімкнути» або «вимкнути»;

- автономно формувати адресу пристрою КП при передачі інформаційного повідомлення;

- ідентифікувати інформацію, контрольну послідовність для прийнятого циклічного коду при утворюючому поліномі $2^{15} + 2^{12} + 2^5 + 1$,

- забезпечити гальванічну ізоляцію ланцюгів зв'язку з датчиками від решти апаратури пристрою.

У технічному завданні зазначено, що пристрій призначений для експлуатації при температурі повітря від мінус 30 до + 55 °С, при відносній вологості до 95% без конденсації вологи.

Виходячи з вище викладеного, до складу пристрою будуть входити такі елементи, як мікроконтролер, блок занесення та зберігання координат команд ТУ, блок перетворення паралельного коду в послідовний, генератор тактових імпульсів, лічильник, блок запам'ятовування та перетворення паралельного коду в послідовний, блок комутації аналогових сигналів, блок нормалізації сигналів, аналого-цифровий перетворювач (АЦП), оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП), блок гальванічного розділення, блок індикації, блок стабілізації напруги живлення, інтерфейсний блок.

Ознайомимось з елементами структурної схеми розроблюваного багатofункціонального пристрою детальніше.

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Для керування усіма процесами пристрою призначений блок управління, яким є мікроконтролер. До його складу входить оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП), який призначений для тимчасового зберігання значень сигналів датчиків, які були передані або прийняті ними.

Апаратний таймер утворюється за допомогою лічильника та генератора тактових імпульсів. Він призначений для запобігання «зависання» мікроконтролера. Якщо від мікроконтролера протягом визначеного часу не надходять тактові сигнали, то на виході лічильника формується сигнал перезавантаження програми.

Для гальванічного розділення ланцюгів датчиків телевимірювань від ланцюгів решти апаратури розроблюваного пристрою призначений блок гальванічного розділення.

Для відображення інформації про готовність блоку до роботи, або помилки в роботі за допомогою світлодіодів призначений блок індикації.

Для занесення та зберігання номера групи та номера об'єкта ТУ в групі відповідно призначений блок занесення та зберігання координат команди ТУ.

Перетворення сигналів, які приймаються від реле, для подачі їх на вхід мікроконтролера здійснюється блоком перетворення паралельного коду в послідовний.

Для запам'ятовування сигналів, які надходять від датчиків телесигналів, і подальшого перетворення отриманої інформації, представленої в паралельному коді, в послідовний код відповідно призначений блок запам'ятовування та перетворення паралельного коду в послідовний.

Перетворення вхідної аналогової напруги, яка надходить від датчика телевимірювань, у цифровий код виконується аналого-цифровим перетворювачем.

Для послідовного перемикання введів, на які надходять аналогові сигнали від датчиків телевимірювань на один вихід призначений блок комутації аналогових сигналів.

Струмові сигнали від датчиків телевимірювань перетворюються блоком нормалізації сигналів. Ці сигнали можуть змінюватися в межах 0...5 мА, мінус

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

5...0...+5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА, та перетворюються у стандартний сигнал напруги, який може змінюватися в межах від мінус 2,5 до +2,5В.

Стабільність напруги живлення забезпечується блоком стабілізації напруги живлення. Стабільною вважається напруга в межах мінус 5 В і +5 В, +3,3В, +24В.

Розроблена структурна схема багатофункціонального пристрою представлена на рисунку 2.1.[3]

На зразку пристрою введення ДС за викликом центральної приймально-передавальної станції розглянемо принципи роботи пристрою.

З внутрішньої магістралі пристрою контрольного пункту по інтерфейсу SPI приймається команда виклику телесигналізації. Ця команда включає в себе адресу пристрою КП, відповідну команду та контрольну послідовність циклічного коду

Далі прийнятий циклічний код декодується й фіксується обнулення контрольного коду, отриманого як остача від ділення на утворюючий поліном $x^{15}+x^{12}+x^5+1$.

Далі здійснюється паралельне введення коду стану 8-ми датчиків телесигналів у відповідний вузол і послідовне виведення його з вузла. Код стану датчиків телесигналів підлягає занесенню в ОЗП.

При передачі інформаційного повідомлення формуються адреса пристрою КП, код виду інформації та контрольна послідовність циклічного коду.

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

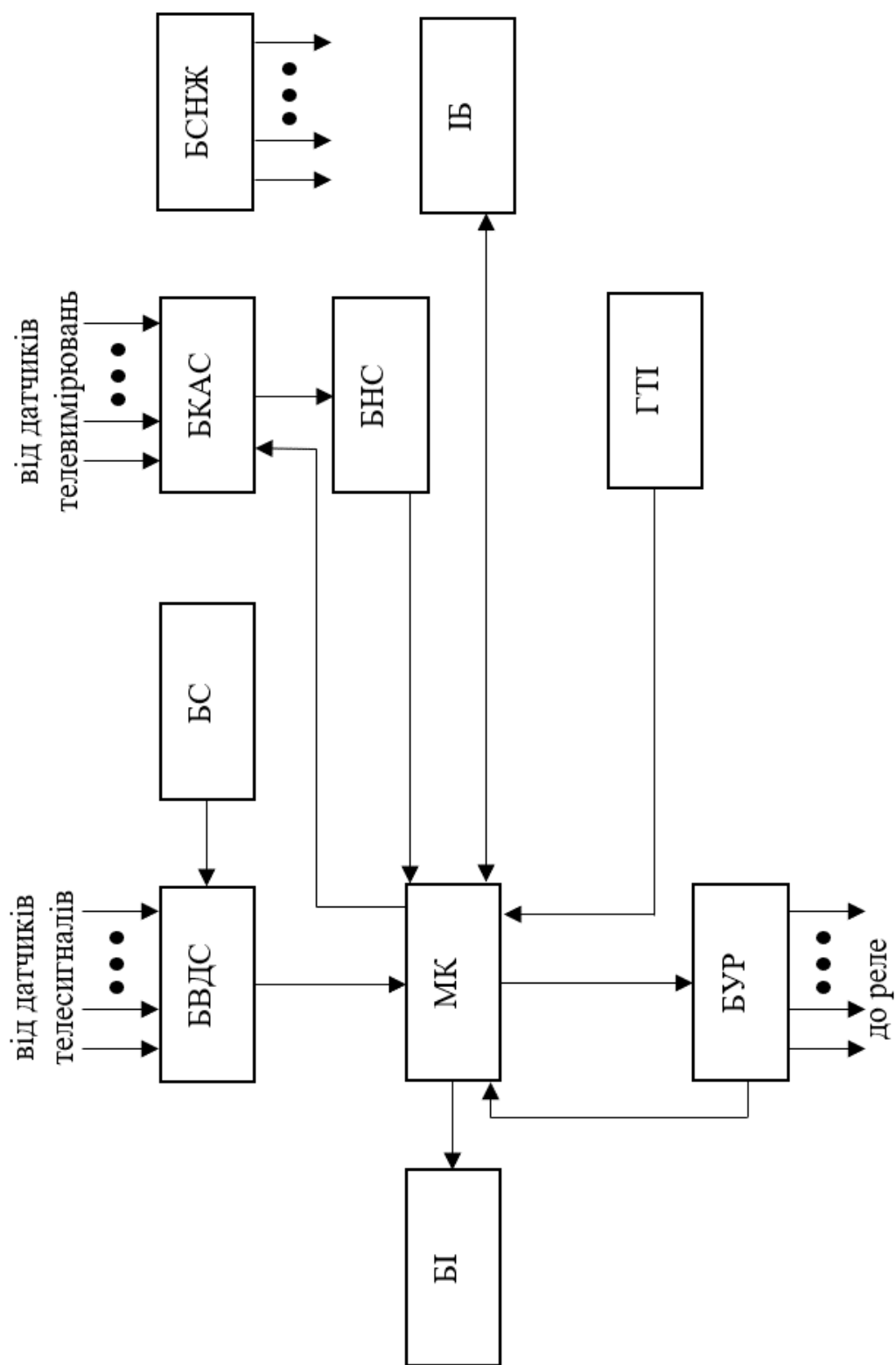


Рисунок 2.1 – Структурна схема багатофункціонального пристрою

Блок-схема алгоритму роботи багатофункціонального пристрою для інформаційно-управляючого комплексу представлена на рис.2.2.

Розглянемо принципи роботи багатофункціонального пристрою.

Після ініціалізації пристрій переходить у режим очікування команди виклику. Приймання команди виклику відбувається з внутрішньої магістралі пристрою по інтерфейсу SPI. Команда виклику включає адресу пристрою, відповідну команду та контрольну послідовність циклічного коду (КПК).

Далі виконується перевірка КПК повідомлення: якщо КПК не вірна, то формується код помилки та відбувається передача відповідного інформаційного повідомлення. Також здійснюється блокування роботи пристрою та індикація сигналу помилки.

Якщо КПК вірна, то проводиться перевірка належності команди до одного з видів: команда ТУ, команда ТС, команда ТВП. За умови, що повідомлення не належить до жодного з перерахованих видів, формується код помилки та відбувається передача відповідного інформаційного повідомлення.

Після перевірки достовірності прийнятої команди телеуправління здійснюється формування сигналів для ввімкнення реле та сигналів для управління реле номера об'єкта.

Оскільки реле повинні утримуватися в робочому стані деякий час, то на цей часовий інтервал встановлюється тайм-аут.

Далі виконується порівняння сигналів, отримуваних від означених реле, з командами, які були подані на реле. Ці процедури відбуваються за формування відповідних сигналів.

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

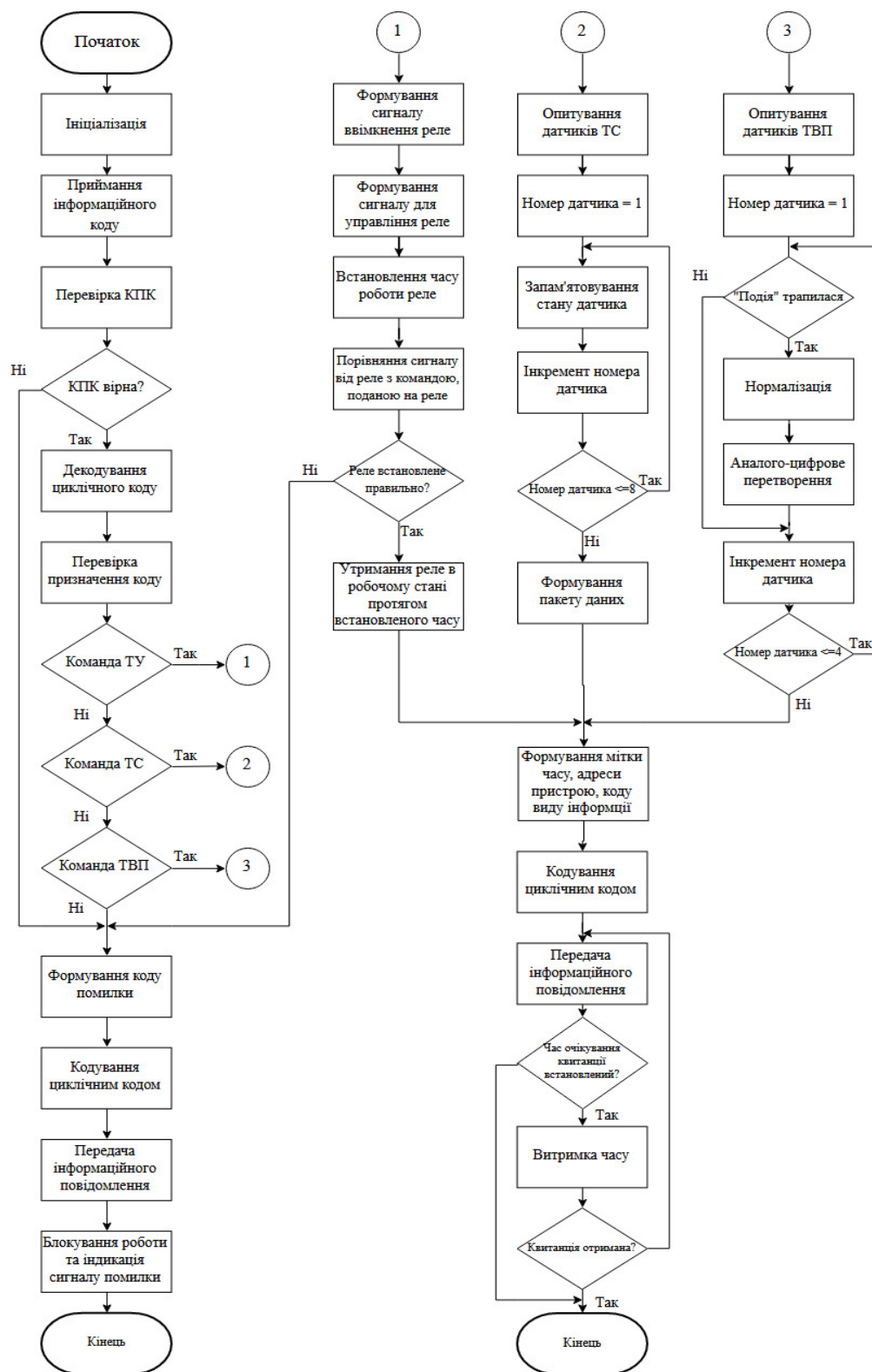


Рисунок 2.2 – Алгоритм роботи багатофункціонального пристрою для інформаційно-управляючого комплексу

Якщо фіксується коректність встановлення реле номера об'єкта, то формуються сигнали для управління реле – виду команди телеуправління (“ввімкнути” або “вимкнути”).

Реле утримується в робочому стані протягом встановленого часового інтервалу, діапазон зміни якого знаходиться в межах від 0,1 до 40 с.

Після перевірки достовірності прийнятої команди телесигналізації проводиться опитування датчиків телесигналів.

Датчики опитуються по чергово, від першого по восьмий, при цьому запам'ятовується їх поточний стан. По завершенню перевірки всіх датчиків відбувається формування пакету даних для подальшої передачі відповідного повідомлення.

Якщо отриманий інформаційний код відповідає команді виклику телевимірювань, то здійснюється по чергове опитування датчиків телевимірювань. Сигнал від кожного датчика підлягає нормалізації й аналого-цифровому перетворенню.

При передачі відповідного повідомлення формуються мітка часу, адреса пристрою контролюваного пункту, код виду інформації та контрольна послідовність циклічного коду.

Існує можливість задавати час очікування підтвердження приймання (квитанції) переданої інформації від пристрою пункту управління в межах від 1 до 255 с. За відсутності квитанції протягом встановленого часу очікування виконується повторна передача інформаційного повідомлення.

2.2 Розробка принципіальної електричної схеми

2.2.1 Вибір та обґрунтування мікроконтролера

Інтегральна мікросхема (ІМС) — це сукупність електрично пов'язаних компонентів, виготовлених в єдиному технологічному циклі на єдиній напівпровідниковій основі, що виконує певну функцію обробки і перетворення електричних сигналів і що розглядається з погляду конструктивно-технологічних і експлуатаційних вимог як єдине ціле. Елементом є частина ІМС (наприклад, транзистор, діод, резистор), виконану нерозривно з кристалом або підкладкою, яка з погляду експлуатаційних вимог, а також вимог до випробувань, упаковки і поставанню не може розглядатися як самостійний виріб. На відміну від елементу

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

компонент, що є частиною ІМС, можна виділити як самостійний комплектуючий виріб (наприклад, безкорпусний транзистор в гібридній інтегральній мікросхемі).

Класифікація інтегральних мікросхем у залежності від технології виготовлення:

- напівпровідникові ІМС;
- плівкові ІМС;
- гібридні ІМС;

Напівпровідниковою ІМС називається мікросхема, елементи якої розміщені у приповерхневому шарі напівпровідникової пластини (підкладки). У технології напівпровідникових інтегральних мікросхем окремі елементи виготовляють шляхом спрямованої зміни властивостей певних областей підкладки, а саме, внесення домішок у кристал напівпровідника за допомогою дифузії за високої температури або іонної імплантації. Таке легування здійснюється локально за допомогою спеціальних масок з отворами, через які атоми домішки проникають у кристал на потрібних ділянках. Роль маски зазвичай виконує плівка двоокису кремнію SiO_2 , що покриває поверхню кремнієвої пластини. В цій плівці різними методами формуються вікна необхідної форми. Потім елементи з'єднують один з одним тонкими металевими доріжками.

Напівпровідникові ІМС відіграють основну роль у сучасній мікроелектроніці. Залежно від типу транзисторної логіки основними елементами напівпровідникової ІМС можуть бути біполярні чи польові транзисторні структури, на виготовлення яких орієнтується увесь технологічний цикл ІМС. Усі інші інтегральні елементи виготовляють водночас з основними без додаткових технологічних операцій. Наприклад, основним елементом ІМС транзисторно-транзисторної логіки є багатомітерний $n-p-n$ -транзистор. Інші елементи ($p-n-p$ -транзистори, діоди, резистори і конденсатори) виготовляють водночас з $n-p-n$ -транзисторами у тих шарах напівпровідникової структури, які створюються для $n-p-n$ -транзистора.

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Плівковою ІМС називається мікросхема, елементи якої і їх з'єднання виготовлені у вигляді різного роду плівок, що нанесені на поверхню ретельно відшліфованої і відполірованої діелектричної підкладки з ситалу чи кераміки, товщиною 0,5-1,0 мм. Ситал являє собою кристалічний різновид скла з дрібнозернистою структурою (звичайне скло – аморфний матеріал, а в процесі виготовлення ситалу в скло вводять центри кристалізації – порошки оксидів лужних металів). Кераміка – це суміш оксидів в кристалічній і склоподібній фазах. Підкладки з цих матеріалів мають не тільки достатню механічну міцність, здатність до механічної обробки (різання) та високий опір ізоляції, але й великий коефіцієнт теплопровідності для ефективної передачі теплоти від тепловиділяючих елементів, тому виконують водночас функції тепловідводів. Стан поверхні підкладки впливає на параметри плівкових елементів: шорсткість поверхні зменшує товщину плівок у місцях мікронерівностей, тому при товщині плівок близько 100 нм допускається висота мікронерівностей приблизно 25 нм; при товщині плівок 10 - 50 мкм – до 1 - 2 мкм. Коли потрібно забезпечити хороший тепловідвід і високу міцність застосовують металеві підкладки на основі алюмінію, покриті шаром анодного оксиду. Активні елементи (діоди, транзистори) не виготовляють плівковими, тому що властивості таких елементів значно погіршуються. Таким чином, плівкові ІС містять тільки пасивні елементи і являють собою, зазвичай, РС-ланцюги або будь-які інші схеми. Ізолювати плівкові елементи один від одного немає потреби, тому що їх виконують на діелектричній підкладці.

Гібридною ІМС називається мікросхема, яка являє собою комбінацію плівкових пасивних елементів і навісних елементів, розміщених на поверхні спільної діелектричної підкладки із ситалу або кераміки. Плівкові елементи (резистори, конденсатори, спіралі котушок індуктивності, провідники і контактні площадки) виконують за тонкоплівковою та товстоплівковою технологіями. Дискретні компоненти, які входять до складу ГІС, називають навісними, підкреслюючи цим відокремлення їх від основного технологічного циклу. Це, в першу чергу, мініатюрні напівпровідникові діоди і транзистори, безкорпусні напівпровідникові ІС та БІС. Навісними можуть бути і деякі пасивні елементи, наприклад,

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

мініатюрні конденсатори з великою ємністю, дискретні індуктивні елементи, мініатюрні трансформатори, потужні резистори. Електричні зв'язки між елементами здійснюються за допомогою плівкового і дротяного монтажу. Для захисту від зовнішніх впливів гібридні ІС герметизують пластмасою (за умови, що зовнішні виводи виведені на одну сторону мікросхеми) або вміщують у герметичні металеві, скляні і керамічні корпуси.

Найбільш широковикористовуваними є інтегральні мікросхеми, які виготовлені з використанням як напівпровідникової, так і гібридної технологій. Оскільки кожен з цих технологічних принципів має свої переваги, то обидва типи ІМС взаємно доповнюють один одного. Наприклад, безкорпусні напівпровідникові ІМС у багатьох випадках є компонентами гібридних ІМС, що, особливо, характерний для мікрозбірок.

Мікрозбірка – це гібридна мікросхема місцевого застосування, яка може складатися з резисторів, конденсаторів, корпусних чи безкорпусних діодів, транзисторів ті мікросхем, а також інших елементів, які з'єднані між собою необхідним чином. Кожна мікрозбірка складається з комутаційної плати, елементів, компонентів та при необхідності корпусу.

За характером оброблюваного сигналу, інтегральні мікросхеми поділяються на аналогові та цифрові.

Аналогові ІМС перетворюють та обробляють електричні сигнали за законами функцій, які неперервні у часі. Такі ІМС застосовуються як підсилювачі, генератори гармонійних сигналів, фільтрів, детекторів.

Цифрові інтегральні мікросхеми – це мікросхеми, призначені для перетворення й обробки дискретних електричних сигналів. Мікропроцесором або мікроконтролером називають цифрову ІМС, що виконує функції процесора.

Мікроконтролери фірми STM32 є найрозповсюдженішими на даний момент.[17] Їхні основні лінійки мікроконтролерів описані в таблиці 2.1:

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Таблиця 2.1

Серія	Тактова частота	Обчислювальна потужність, DMIPS	Ядро	Опис
STM32F0	48	38	Cortex-M0	Бюджетний МК початкового рівня
STM32F1	24/36/48/72	61	Cortex-M3	МК загального призначення
STM32F2	120	150	Cortex-M3	Високопродуктивні МК
STM32F3	72	62	Cortex-M4	Сигнальний процесор DSP, FPU (операції з плаваючою точкою)
STM32F4	84/168/180	210	Cortex-M4	Високопродуктивні МК, DSP, FPU
STM32L0	32	33	Cortex-M0+	Низьке споживання і ціна
STM32L1	32	33	Cortex-M3	Наднизьке споживання енергії
STM32T	72	90	Cortex-M3	Контролер сенсорного екрану
STM32W	24	30	Cortex-M3	Для бездротового зв'язку (RF, ZigBee)

Мікроконтролери лінійки STM32F4 відзначаються найбільшою продуктивністю серед вищезазначених[17].

Розроблювані на ARM Cortex-M4 мікроконтролери серії STM32 F4 є більш продуктивною частиною провідної лінійки STM32. Дані мікроконтролери виготовляються по 90нм-технології і використовують запатентований ST Microelectronics'ом ART Accelerator для досягнення найкращих результатів тестів серед заснованих на ядрі Cortex-M мікроконтролерів, досягаючи показників в 220 DMIPS / 606 CoreMark і працюючи з флеш-пам'ятю на частоті 180 МГц. Інструкції DSP і модуль операцій з плаваючою крапкою дають можливість застосовувати дані мікроконтролери в широкому спектрі проектів. Динамічне споживання живлення дозволяє знизити споживання струму при виконанні коду з флеш-пам'яті до 140 мкА/МГц для STM32F401 (максимальна частота до 84 МГц) і до 238 мкА / МГц для STM32F42x / 43x, що працюють на частоті до 180 МГц. Мікроконтролери серії STM32F4 є результатом ідеального симбіозу можливості управління МК в реальному часі і продуктивністю обробки сигналів, властивої

сигнальним процесорам, доповнюючи таким чином лінійку контролерів STM32 новим класом пристроїв, сигнальними мікроконтроллерами (англ. Digital signal controller, DSC). Серія складається з п'яти класів продуктів, які повністю сумісні за висновками, периферії та програмному коду.

Характеристики серії [18]:

STM32F401- 84 MHz CPU / 105 DMIPS. Є екскурсом в серію STM32 F4, пропонуючи низьке енергоспоживання зменшується, а корпусу малих розмірів, на відміну від інших класів серії STM32 F4.

STM32F405 / 415 - 168 MHz CPU / 210 DMIPS, до 1 МБайт флеш пам'яті з розширеними можливостями сполучення і шифрування.

STM32F407 / 417 - 168 MHz CPU / 210 DMIPS до 1 МБайт флеш пам'яті з наявністю Ethernet MAC і інтерфейсом камери для STM32F405 / 415.

STM32F427 / 437 - 168 MHz CPU / 210 DMIPS, до 2 МБайт флеш, доповнюючи STM32F407 / F417 розширеними можливостями сполучення і шифрування.

STM32F429 / 439 - 180 MHz CPU / 225 DMIPS, до 2 МБайт двуханкової флеш-пам'яті з інтерфейсом SDRAM, контролером TFT LCD, технологією акселерації Chrom-ART, послідовним аудіоінтерфейсом, пропонуючи велику продуктивність і менше енергоспоживання в порівнянні з STM32F4x7 / F4x5.

Загальні характеристики МК сімейства STM32F4 [18]:

- ARM 32-bit Cortex-M4 CPU;
- Частота тактування 168МГц, 210 DMIPS / 1.25 DMIPS / МГц (Dhrystone 2.1);
- Підтримка DSP-інструкцій;
- Нова високопродуктивна АНВ-матриця шин;
- До 1 Мбайт Flash-пам'яті;
- До 192 + 4 кбайт SRAM-пам'яті;
- Напруга живлення 1,8 ... 3,6В (POR, PDR, PVD і BOR);
- Внутрішні RC-генератори на 16МГц і 32кГц (для RTC);
- Зовнішнє джерело тактування 4 ... 26МГц і для RTC - 32,768кГц;

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

- Модулі налагодження SWD / JTAG, модуль ETM;
- Три 12-бітних АЦП на 24 вхідних канали (швидкість до 7,2 мега-семплів, температурний датчик);
- Два 12-бітних ЦАП;
- DMA-контролер на 16 потоків з підтримкою пакетної передачі;
- 17 таймерів (16 і 32 розряду);
- Два сторожових таймера (WDG і IWDG);
- Комунікаційні інтерфейси: I2C, USART (ISO 7816, LIN, IrDA), SPI, I2S;
- CAN (2,0 B Active);
- USB 2.0 FS / HS OTG;
- 10/100 Ethernet MAC (IEEE 1588v2, MII / RMII);
- Контролер SDIO (карти SD, SDIO, MMC, CE-ATA);
- Інтерфейс цифрової камери (8/10/12/14-бітові режими);
- FSMC-контролер (Compact Flash, SRAM, PSRAM, NOR, NAND і LCD 8080/6800);
- Апаратний генератор випадкових чисел;
- Апаратне обчислення CRC, 96-бітний унікальний ID;
- Модуль шифрування AES 128, 192, 256, Triple DES, HASH (MD5, SHA-1), HMAC;
- Розширений температурний діапазон -40 ... +105 ° С.

Зважаючи на раніше зазначену інформацію та поставлену задачу, для розробки багатофункціонального пристрою для ІУК зробимо вибір на користь мікропроцесора STM32F407VET6.[18] Він має високу швидкодію, малу споживану потужність та можливість оброблювання як цифрових так і аналогових сигналів.

STM32F407VET6 – високопродуктивний 32-бітовий мікроконтролер який включає в себе 32-бітне ядро RISC з частотою до 169МГц.[29] Ядро Cortex-M4 обладнане блоком з плаваючою точкою (FPU), який підтримує всі інструкції і обробки даних ARM і типи даних. Також реалізує повний набір інструкцій цифрового сигнального процесора (DSP) і блок захисту пам'яті (MPU), який

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

підвищує безпеку додатків. STM32F407VET6 включає в себе високошвидкісну пам'ять, розширений діапазон I/O і периферії з підключенням до двох шин АВР, трьом шинам АНВ і 32-бітної матриці шин multi-АНВ. Даний мікроконтролер оснащений 12-бітними АЦП, ЦАП, RTC малої потужності, універсальними 16-бітними таймерами і ШІМ таймерами, універсальними 32-бітними таймерами, стандартним і розширеними інтерфейсами зв'язку. Режим енергозбереження дозволяє використовувати його в додатках малої потужності.

Основні характеристики мікроконтролера:

- Flash пам'ять 512Кб;
- 192кб SRAM з 64кб CCM RAM даних;
- Три 12-бітних АЦП 2.4Мвиборок / с і два 12-бітних ЦАП;
- DMA контролер на 16 потоків і підтримкою FIFO і пакетного звернення;
- 10 універсальних таймерів і 2 таймера з розширеними можливостями управління;
- 82 I / O порту;
- інтерфейси: Ethernet, 3 SPI, 2 I2S, 3 I2C, 4 USART, 2 UART, 2 CAN, SDIO, USB;
- Паралельний інтерфейс камери від 8 до 14 біт зі швидкістю до 54МБ/с;
- Діапазон робочої напруги живлення від 1.8В до 3.6В;
- Діапазон температури навколишнього середовища від -40°C до +85°C.

2.2.2 Визначення повного функціонального складу схеми

Принципова електрична схема багатофункціонального інформаційно-управляючого комплексу представлена в додатку А.

У відповідності до розробленої у попередньому розділі структурної схеми, мікроконтролер STM32F407VET6 (D8) здійснює управління пристроєм.[19] Мікроконтролер являє собою високопродуктивний 32-бітовий ARM Cortex-M4 мікро контролер зі вбудованим 12-тирозрядним АЦП.

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Розглянемо реалізацію та функціонування блока управління виконавчими механізмами.

Мікроконтролер формує чотири сигнали TU1 ... TU4 для управління об'єктами, а також два додаткових сигнали PW_ON, PW_0. Останні блокують появу вихідних сигналів в перехідних режимах (наприклад, при відновленні подачі напруги живлення).

Через підсилювачі D9, які реалізовані на мікросхемі ULN2001D1 (SOIC), сигнали TU1 ... TU4 подаються на обмотки реле K1 ... K4, які реалізовані на RT424024 електромеханічні реле TYCO [19]. Силові реле TYCO призначені для максимальних струмів понад 20А в широкому спектрі комерційних і промислових виробів. На відміну від твердотільних аналогів електромеханічні реле мають ряд властивостей, які не можуть бути реалізовані в напівпровідникових реле.

Мікросхема ULN2001D1 забезпечує підсилення сигналів до рівня, який потрібен для нормальної роботи реле. Вона являє собою поєднання семи складених резисторів з відкритим колектором. Додатковою функцією даної мікросхеми є захист від індуктивних наведень від реле, які виникають в магнітопроводі під час вимикання останніх.

Для управління зовнішнім пристроєм використовується одна пара перемикаючих контактів кожного реле (контакти 3-4-5), а для контролю працездатності друга пара (контакти 6-7-8).

Для зчитування поточних станів реле та відповідності виконання команд ТУ використовуються сигнали від другої пари контактів ідентифікуються як додаткові вісім сигналів (CH_TU1 ... CH_TU4 та CH_TU1-0 ... CH_TU4-0).

Управління живленням реле через оптопару V2 забезпечується двома додатковими сигналами PW_ON, PW_0.

Далі розглянемо блок комутації аналогових сигналів.

Вхідні сигнали (DA1 ... DA4), що надходять на прецизійні резистори R48 ... R51, які перетворюють струмові сигнали у сигнали напруги, подаються на блок комутації аналогових сигналів від датчиків. Далі вхідні сигнали подаються на захисні RC-ланцюги (C62 ... C65 і R52 ... R55) із діодною збіркою (VD11).

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Інтегруючи RC-ланцюги забезпечують подавлення імпульсних перешкод в ланцюгах вхідних сигналів. Діодна збірка забезпечують обмеження імпульсних перешкод до безпечного рівня (вхідної напруги). Утворені аналогові сигнали — напруга на прецизійних резисторах, послідовно скануються за допомогою комутатора-мультиплексора D10, в якості якого обраний восьми канальний комутатор-мультиплексор CD4051(SOIC).

Сигнали вибору датчика подаються від мікроконтролера(D8).

Вузол нормалізації сигналів нормалізує вхідний сигнал (INPUT) вузла комутації. Вузол нормалізації сигналів нормалізує сигнал прецизійним підсилювачем 8D11, реалізованим на мікросхемі OP07C (SOIC 8) і подається на інформаційний вхід АЦП.

Розглянемо блок інтерфейсу RS-485

На мікро схемі ADM2587E реалізовано інтерфейс RS-485. У порівнянні з інтерфейсом RS-232C, інтерфейс RS-485 має кращі параметри і працює на симетричних лініях зв'язку. В ньому для передачі кожного сигналу використовуються диференціальні сигнали з окремою (крученою) парою проводів. Інтерфейс RS-485 дозволяє досягти максимальної швидкості передачі даних 10 Мбіт/с при довжині лінії зв'язку 12 м. Максимальна довжина лінії зв'язку становить 1200 м. При цьому швидкість передачі даних обмежується 100 Кбіт/с.

Вищезгаданий інтерфейс використовується в ІУК для під'єднання зовнішніх пристроїв, як то лічильників електроенергії, реєстраторів, цифрових перетворювачів, пристроїв захисту й автоматики, до відповідного модуля лінійного адаптера-модема, а також для під'єднання пристроїв контрольованих пунктів до об'єднуючого їх концентратора.

Для уникнення брязкоту сигналів магістраль, до якої приєднуються пари передавачів і приймачів, повинна бути узгодженою з реальним навантаженням. Тому у першій парі (на початку магістралі) та найбільш віддаленій парі повинні бути встановленими узгоджувальні резистори. Величини опорів резисторів підбираються експериментально після встановлення всіх пар передавачів і приймачів.

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

2.2.3 Розрахунок основних параметрів схеми

Розрахуємо потужності споживання схеми розроблюваного багатфункціонального пристрою.[20] Вихідними даними для розрахунку будуть струми, які споживають мікросхеми ($I_{\text{сп}}$) та напруга живлення ($U_{\text{ж}}$). За допомогою цих даних розрахуємо потужності споживання кожної ($P_{\text{сп}}$), та сумарну потужність споживання пристроєм ($\sum P_{\text{сп}}$).

Розраховані дані наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

№	Мікросхема	($I_{\text{сп}}$)	($U_{\text{ж}}$)	($P_{\text{сп}}$)	Кількість	($\sum P_{\text{сп}}$)
1	LM5069MM-2/NOPB	20мА	3,3В	66мВт	1	66мВт
2	ADM2587E	125мА	3,3В	412,5мВт	2	825мВт
3	P10AU-2424ELF	0,1нА	24В	2,4нВт	2	4,8нВт
4	P10CU-2405ZLF	0,1нА	24В	2,4нВт	1	2,4мВт
5	ST1S10PHR	0,1нА	5В	0,5нВт	1	0,5нВт
6	STM32F407VET6	60мА	3,3В	198мВт	1	198мВт
7	ULN2001D1	1,25мА	24В	42,5мВт	1	42,5мВт
8	CD4051	20мкА	3,3В	66мВт	1	66мВт
9	OP07C	0,5нА	3,3В	1,65нВт	1	1,65нВт
10	AD2183A	0,5нА	5В	2,5нВт	1	2,5нВт
Всього						1200мВт

2.3 Розробка програми для мікроконтролера

2.3.1 Обґрунтування вибору мови програмування

Для програмування мікроконтролера STM32 можна використовувати мови Асемблер та С. Для створення програмного забезпечення розроблюваного ІУК було обрано мову С.

С - універсальна мова програмування[21]. Вона тісно пов'язана з системою UNIX, так як була розроблена в цій системі, яка як і більшість програм, що

працюють в ній, написані на C. Однак мова не прив'язана жорстко до якоїсь однієї операційної системи або машини. Хоча вона і названа "мовою системного програмування", оскільки зручна для написання компіляторів і операційних систем, виявилось, що на ній так само добре писати великі програми іншого профілю.

Мова програмування C, відноситься до мов більш високого рівня, в порівнянні з Асемблером.[22] Програма на цій мові краще зрозуміла людині. Перевагою C є величезна кількість програмних засобів і бібліотек, що дозволяють просто створювати необхідний код. Фактично, C сьогодні стала основною мовою розробки керуючих програм. Компілятори даної мови реалізовані практично для всіх моделей мікроконтролерів. Стандартна мова дає можливість перенесення програм з однієї платформи на іншу. Теоретично, використовуючи різні компілятори, можна перетворити будь-яку програму в команди мікроконтролера потрібного типу. Мова C має досить складну для вивчення структуру. Одержуваний програмний код конкретного завдання, має більший обсяг, ніж код тієї ж завдання, реалізованої на Асемблері. Проте мову C слід визнати єдиним правильним вибором для професійного програмування мікроконтролерів.

2.3.2 Вибір середовища розробки програмного забезпечення

При виборі інтегрованого середовища розробки або IDE необхідно враховувати безліч чинників. Наприклад, деякі IDE дійсно гарні для швидкої роботи з скриптами, але інші краще для тривалих проектів. Крім того, тип IDE, який ви вибираєте, може залежати від того, на якому рівні навичок ви знаходитесь і наскільки добре ви володієте мовою.

Далі розглянемо деякі з існуючих IDE та оберемо той, який задовольняє наші потреби.

STM32CubeIDE - це платформа розробки C / C ++ з функціями периферійної конфігурації, генерації коду, компіляції коду та налагодження для мікроконтролерів і мікропроцесорів STM32. Ця система заснована на платформі Eclipse, інструментальної ланцюжку GCC для розробки і GDB для налагодження. Вона дозволяє інтегрувати сотні існуючих полігонів, які доповнюють

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

функції Eclipse® IDE. При використанні цієї IDE код ініціалізації буде автоматично згенерований при виборі мікроконтролера або мікропроцесора STM32. Користувачі можуть налаштувати цей код ініціалізації, щоб встановити терморегулятори, тактирование, периферійні пристрої та конфігурацію проміжного програмного забезпечення. IDE також пропонує різні інструменти налагодження, такі як ядро ЦП, периферійні регістри і уявлення пам'яті, а також інструмент аналізу збоїв ЦП.

ARM Keil включає в себе всю середовище інструментів розробки для створення додатків для вбудованих систем, спеціально призначених для пристроїв на базі ARM. Програмний пакет включає провідні компілятори C / C ++, імітаційні моделі, компоновщики, асемблери і бібліотеки проміжного програмного забезпечення. Адаптери налагодження ULINK дуже корисні, дозволяючи розробникам програмувати, налагоджувати і аналізувати додатки вбудованих систем. Заслугує на увагу адаптер ULINKproadapter, який забезпечує потокову передачу трасування інструкцій, ULINKplus, який забезпечує вимірювання потужності і автоматизацію тестування, і ULINK2, який допомагає налагоджувати Arm і застарілі архітектури.

Visual Studio існує вже дуже давно, і було додано безліч функцій, які дійсно роблять її відмінною IDE. Вона використовує Xamarin, який має крос-платформену розробку для додатків Android, IOS і Windows. Використання опції спільного проекту робить код доступним для різних консольних додатків. Крім того, редактор коду допомагає знайти непотрібний або надлишко-вий код, щоб ви могли видалити щось непотрібне.

Враховуючи вищевикладене, вибір було зроблено на користь середовища розробки ARM Keil. Дане середовище розробки є найбільш зручним і простим в освоєнні. Вбудований відладчик, готові і легко підключаються бібліотеки, величезна кількість прикладів і зручно організований робочий інтерфейс і простір IDE стали вирішальними факторами, що вплинули на вибір.

2.3.3 Розробка програмного забезпечення

Програмування команд телеуправління:

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

```

int8_t TU_Command(uint8_t *data)
{
    if(data[0]==0x1 && data[1]==0x5)
    {
        HAL_GPIO_WritePin(PW1_PLUS_GPIO_Port, PW1_PLUS_Pin, GPIO_PIN_SET);
        HAL_GPIO_WritePin(PW1_0V_GPIO_Port, PW1_0V_Pin, GPIO_PIN_RESET);
        HAL_GPIO_WritePin(PW2_PLUS_GPIO_Port, PW2_PLUS_Pin, GPIO_PIN_SET);
        HAL_GPIO_WritePin(PW2_0V_GPIO_Port, PW2_0V_Pin, GPIO_PIN_RESET);
        if(data[2]==0x0 && data[3]==0x1)
        {
            if(data[4]==0xff && data[5]==0x00)
            {
                HAL_GPIO_WritePin(TU1_GPIO_Port, TU1_Pin, GPIO_PIN_SET);
                HAL_GPIO_WritePin(TU3_GPIO_Port, TU3_Pin, GPIO_PIN_RESET);
                osDelay(2000);
                HAL_GPIO_WritePin(TU1_GPIO_Port, TU1_Pin, GPIO_PIN_RESET);
                return 0xFF;
            }
            if(data[4]==0x00 && data[5]==0x00)
            {
                HAL_GPIO_WritePin(TU3_GPIO_Port, TU3_Pin, GPIO_PIN_SET);
                HAL_GPIO_WritePin(TU1_GPIO_Port, TU1_Pin, GPIO_PIN_RESET);
                osDelay(2000);
                HAL_GPIO_WritePin(TU3_GPIO_Port, TU3_Pin, GPIO_PIN_RESET);
                return 0x00;
            }
        }
        if(data[2]==0x0 && data[3]==0x2)
        {
            if(data[4]==0xff && data[5]==0x00)
            {
                HAL_GPIO_WritePin(TU2_GPIO_Port, TU2_Pin, GPIO_PIN_SET);
                HAL_GPIO_WritePin(TU4_GPIO_Port, TU4_Pin, GPIO_PIN_RESET);
                osDelay(1000);
                HAL_GPIO_WritePin(TU2_GPIO_Port, TU2_Pin, GPIO_PIN_RESET);
                return 0xFF;
            }
            if(data[4]==0x00 && data[5]==0x00)
            {
                HAL_GPIO_WritePin(TU4_GPIO_Port, TU4_Pin, GPIO_PIN_SET);
                HAL_GPIO_WritePin(TU2_GPIO_Port, TU2_Pin, GPIO_PIN_RESET);
                osDelay(1000);
                HAL_GPIO_WritePin(TU4_GPIO_Port, TU4_Pin, GPIO_PIN_RESET);
                return 0x00;
            }
        }
    }
    else
    {
        HAL_GPIO_WritePin(PW2_PLUS_GPIO_Port, PW2_PLUS_Pin, GPIO_PIN_RESET);
        osDelay(200);
        HAL_GPIO_WritePin(PW1_PLUS_GPIO_Port, PW1_PLUS_Pin, GPIO_PIN_RESET);
    }
}

```

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

return ERROR;
}

```

Розглянемо наприклад команду HAL_GPIO_WritePin(TU3_GPIO_Port, TU3_Pin, GPIO_PIN_SET) детальніше [16]. Вона встановлює стан вивода. У ній:

TU3_GPIO_Port – обраний порт;

TU3_Pin – номер виводу;

GPIO_PIN_SET – встановлення стану виводу на високий рівень. Може бути всталено низький рівень, якщо параметр буде мати такий вигляд: GPIO_PIN_RESET.

Далі напишемо код для перевірки стану блоку телеуправління:

```

uint8_t ReadTUON ()
{
    uint8_t qTS;
    qTS=0;
    qTS|= HAL_GPIO_ReadPin(CH_TU1_GPIO_Port,CH_TU1_Pin);
    qTS<<=1;
    qTS|= HAL_GPIO_ReadPin(CH_TU2_GPIO_Port,CH_TU2_Pin);
    qTS<<=1;
    qTS|= HAL_GPIO_ReadPin(CH_TU3_GPIO_Port,CH_TU3_Pin);
    qTS<<=1;
    qTS|= HAL_GPIO_ReadPin(CH_TU4_GPIO_Port,CH_TU4_Pin);
    // return qTS;
//}
//uint8_t ReadTUOFF ()
//{
//uint8_t qTS=0;
//qTS<<=1;
//qTS|= HAL_GPIO_ReadPin(CH_TU1_0_GPIO_Port,CH_TU1_0_Pin);
//qTS<<=1;
//qTS|= HAL_GPIO_ReadPin(CH_TU2_0_GPIO_Port,CH_TU2_0_Pin);
//qTS<<=1;
//qTS|= HAL_GPIO_ReadPin(CH_TU3_0_GPIO_Port,CH_TU3_0_Pin);
//qTS<<=1;
//qTS|= HAL_GPIO_ReadPin(CH_TU4_0_GPIO_Port,CH_TU4_0_Pin);
//return qTS;
//}

```

Розглянемо команду HAL_GPIO_ReadPin (CH_TU3_GPIO_Port, CH_TU3_Pin) більш детально. Вона виконує читання стану вивода. Має два параметри:

CH_TU3_GPIO_Port – обраний для читання порт;

CH_TU3_Pin – номер обраного виводу.

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Повертає дана команда значення вивода. GPIO_PIN_SET або GPIO_PIN_RESET, високий або низький рівень відповідно. [24]

Розглянемо функцію який керує апаратним таймером.

```
void SystemClock_Config(void)
{

    RCC_OscInitTypeDef RCC_OscInitStruct;
    RCC_ClkInitTypeDef RCC_ClkInitStruct;

    __HAL_RCC_PWR_CLK_ENABLE();

    __HAL_PWR_VOLTAGESCALING_CONFIG(PWR_REGULATOR_VOLTAGE_SCALE1);

    RCC_OscInitStruct.OscillatorType = RCC_OSCILLATORTYPE_HSE;
    RCC_OscInitStruct.HSEState = RCC_HSE_ON;
    RCC_OscInitStruct.PLL.PLLState = RCC_PLL_ON;
    RCC_OscInitStruct.PLL.PLLSource = RCC_PLLSOURCE_HSE;
    RCC_OscInitStruct.PLL.PLLM = 8;
    RCC_OscInitStruct.PLL.PLLN = 224;
    RCC_OscInitStruct.PLL.PLLP = RCC_PLLP_DIV2;
    RCC_OscInitStruct.PLL.PLLQ = 7;
    if (HAL_RCC_OscConfig(&RCC_OscInitStruct) != HAL_OK)
    {
        _Error_Handler(__FILE__, __LINE__);
    }

    RCC_ClkInitStruct.ClockType =
RCC_CLOCKTYPE_HCLK|RCC_CLOCKTYPE_SYCLK
        |RCC_CLOCKTYPE_PCLK1|RCC_CLOCKTYPE_PCLK2;
    RCC_ClkInitStruct.SYSCLKSource = RCC_SYSCLKSOURCE_PLLCLK;
    RCC_ClkInitStruct.APB1CLKDivider = RCC_HCLK_DIV4;
    RCC_ClkInitStruct.APB2CLKDivider = RCC_HCLK_DIV2;

    if (HAL_RCC_ClockConfig(&RCC_ClkInitStruct, FLASH_LATENCY_5) != HAL_OK)
    {
        _Error_Handler(__FILE__, __LINE__);
    }

    HAL_SYSTICK_Config(HAL_RCC_GetHCLKFreq()/1000);

    HAL_SYSTICK_CLKSourceConfig(SYSTICK_CLKSOURCE_HCLK);
    HAL_NVIC_SetPriority(SysTick_IRQn, 15, 0);
}
```

Більш детально розглянемо вищевказаний код.

__HAL_RCC_PWR_CLK_ENABLE(); - команда, яка вмикає живлення годинника (таймера).[25]

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

HAL_PWR_VOLTAGESCALING_CONFIG(PWR_REGULATOR_VOLTAGE_SCALE1); - ініціалізуємо тактові частоти процесора, периферійної (Advanced Peripheral Bus – APB) та високопродуктивної (Advanced High-performance Bus – AHB) шин.

RCC_OscInitStruct.OscillatorType = RCC_OSCILLATORTYPE_HSE; - вкажемо тип генератора коливач. У нас це зовнішній, тому вказуємо HSE (High speed external). Якби ми використовували внутрішній, то параметром був би HSI (High speed internal). [26]

Вмикаємо зовнішній генератор коливач командою
RCC_OscInitStruct.HSEState = RCC_HSE_ON.

Далі увімкнемо, вкажемо джерело та налаштуємо фазове автопідлаштування частоти (Phase-locked loop – PLL):

```
RCC_OscInitStruct.PLL.PLLState = RCC_PLL_ON;
RCC_OscInitStruct.PLL.PLLSource = RCC_PLLSOURCE_HSE;
RCC_OscInitStruct.PLL.PLLM = 8;
RCC_OscInitStruct.PLL.PLLN = 224;
RCC_OscInitStruct.PLL.PLLP = RCC_PLLP_DIV2;
RCC_OscInitStruct.PLL.PLLQ = 7;
```

Далі запрограмуємо перевірку роботи вищеповисаних команд та налаштуємо, щоб при виникненні помилок повідомлення про них записувались в спеціальний файл.

```
if (HAL_RCC_OscConfig(&RCC_OscInitStruct) != HAL_OK)
{
    _Error_Handler(__FILE__, __LINE__);
}
```

Це були налаштування генератора тактових імпульсів. Тепер перейдемо до налаштувань лічильника.

```
RCC_ClkInitStruct.ClockType =
RCC_CLOCKTYPE_HCLK|RCC_CLOCKTYPE_SYCLK
|RCC_CLOCKTYPE_PCLK1|RCC_CLOCKTYPE_PCLK2;
RCC_ClkInitStruct.SYCLKSource = RCC_SYCLKSOURCE_PLLCLK;
RCC_ClkInitStruct.APB1CLKDivider = RCC_HCLK_DIV4;
RCC_ClkInitStruct.APB2CLKDivider = RCC_HCLK_DIV2;
```

Вкажемо тип лічильника за допомогою команди
RCC_ClkInitStruct.ClockType.

Команда `RCC_ClkInitStruct.SYSCLKSource` призначення для того, щоб вказати джерело лічильника.

Далі налаштуємо дільники для тактування периферійної шини.

`RCC_HCLK_DIV4` – дільник на 4

`RCC_HCLK_DIV2` – дільник на 2

Також напишемо функцію для перевірки працездатності лічильника як робили це для генератора тактових імпульсів.

```
if (HAL_RCC_ClockConfig(&RCC_ClkInitStruct, FLASH_LATENCY_5) != HAL_OK)
{
    _Error_Handler(__FILE__, __LINE__);
}
```

Далі перейдемо до налаштування системних переривань.

```
HAL_SYSTICK_Config(HAL_RCC_GetHCLKFreq()/1000);
HAL_SYSTICK_CLKSourceConfig(SYSTICK_CLKSOURCE_HCLK);
```

Задаємо пріоритет переривань. Ставимо значення 15, тому що це найнижчий пріоритет. У даній функції найвищим є 0.

```
HAL_NVIC_SetPriority(SysTick_IRQn, 15, 0);
```

На цьому написання коду для керування апаратним таймером закінчено.

Висновки до другого розділу

У другому розділі було розроблено та описано структурну схему. Обрали та обґрунтували вибір елементної бази. Визначили повний функціональний склад схеми та розрахували її основні параметри. Розробили принципіальну електричну схему. Також було обрано мову програмування для розробки програми мікроконтролера. Програма була написана на мові програмування C.

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ СХЕМИ ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧОГО КОМПЛЕКСУ

3.1 Вибір середовища моделювання схеми

Для вибору потрібного нам середовища моделювання схеми проведемо аналіз трьох найпоширеніших програмних застосунків: NI Multisim, Qucs, Altium Designer, та оберемо той, який задовольнить наші вимоги.

NI Multisim – програмний застосунок розроблений американською компанією National Instruments. Раніше мав назву Electronics Workbench.

National Instruments, або NI – американська компанія, що налічує понад 5000 співробітників і має представництва в 41 країні світу. Штаб-квартира компанії розташована в м.Остін, Техас. National Instruments є одним зі світових лідерів в технології віртуальних приладів і в розробці та виготовленні апаратного та програмного забезпечення для систем автоматизованого тестування.

Electronics Workbench – це електронна лабораторія на ПК, призначена для моделювання та аналізу електричних схем (аналогових, цифрових і цифро-аналогових). У бібліотеках є широкий набір активних і пасивних елементів. У бібліотеку входять пасивні елементи, транзистори, керовані джерела, керовані ключі, гібридні елементи, індикатори, логічні елементи, тригерні пристрої, цифрові й аналогові елементи, а також величезний набір приладів для вимірювання: вольтметр, амперметр, осцилограф, генератор слів, логічний аналізатор і логічний перетворювач.

У 2005 році Electronics Workbench перейменували в NI Multisim.

Головна особливість NI Multisim - простий інтерфейс, потужні засоби графічного аналізу результатів моделювання, наявність віртуальних вимірювальних приладів, які копіюють реальні аналоги. Бібліотека елементів містить понад 2000 моделей компонентів. Присутні електромеханічні моделі, імпульсні джерела живлення, перетворювачі потужності.

Останні версії програми мають поліпшеною функціональністю, новими інструментами для моделювання, розширеної базою елементів, завдяки чому розробка і створення проектів електричних схем може виконуватися набагато

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

більш точно і швидко. NI Multisim може взаємодіяти з середовищем розробки систем вимірювання LabVIEW, що дозволяє зіставляти теоретичні дані з реальними, прямо в ході створення схем друкованих плат. Це зменшує кількість проектних помилок і прискорює реалізацію проектів. Зворотною стороною цього стали завищені системні вимоги, що пред'являються до обладнання. Навантаження на процесор і пам'ять при роботі з великими схемами і при трасуванні дуже велика.

Qucs - симулятор схем зі зручним графічним інтерфейсом, що дозволяє конструювати і розраховувати продуктивність електронних ланцюгів і контурів різного рівня складності.

Додаток Qucs (або Quite Universal Circuit Simulator) засновано на відкритому вихідному коді і, подібно аналогічним редакторам, володіє всіма необхідними для модифікації схем засобами. Для зручності є підтримка «гарячих клавіш» і випадають меню. При роботі зі складними схемами пропонується використання підсхем, що дозволяють відокремити частину основної схеми у вигляді блоків. Крім того, програмне забезпечення має власний текстовий редактор, додатки для розрахунку фільтрів і узгоджених ланцюгів, калькулятори ліній. Присутня можливість оформлення креслення шляхом додавання рамки і штампа. До схем можна підключати призначені для користувача рівняння, причому в формулах можуть бути використані всі доступні функції даного софту або їх поєднання.

Qucs має велику базу сучасних компонентів, розбитих на групи: дискретні (резистори, конденсатори і т.д.), нелінійні (в основному транзистори і діоди), цифрові (базові цифрові пристрої і логічні вентиля) та деякі інші (джерела, вимірювачі, лінії передачі даних). Особливими групами представлені види моделювання, малюнки та діаграми. Кожен елемент має власне діалогове вікно властивостей, яке може бути піддано редагування.

Після запуску симуляції Qucs багаторазово перераховує створену електричний ланцюг. Тривалість процесу моделювання залежить від потужності комп'ютера і складності ланцюга. Пропонуються наступні види моделювань

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

(програма дозволяє їх комбінувати): на постійному струмі, перехідного процесу, на змінному струмі, S-параметрів. Для дослідження цифрових схем є цифрове моделювання, а для того щоб показати, як змінюються параметри ланцюга в результаті зміни характеристик одного або декількох елементів, передбачена функція «розгортки параметрів». Також є можливість вибирати вид отриманих після симуляції даних, а саме табличну або декартову діаграми, тривимірну або Сміта, полярну або кругову. Діаграми мають свої власні характеристики, які залежать від застосовуваних видів моделювання. Для визначення значень функцій в певні моменти часу в програмі передбачений механізм маркерів.

Зовнішній вигляд головного вікна ПО залежить від операційної системи, однак відмінності не істотні. Для кожного проекту програма створює безліч окремих файлів зі схемами, даними та графіками, причому за замовчуванням всі вони зберігаються в кореневій папці симулятора. У програму вбудований файловий конвертер, а остаточні або проміжні результати можуть бути роздруковані на принтері.

Застосунок має зручний довідковий розділ, що допомагає швидко освоїтися і почати роботу, а на сайті проекту вміщує додаткові статті, інформаційні документи і приклади.

Altium Designer - це система для автоматизованого проектування, моделювання та розробки документації для електронних виробів.[28] Ця система інтегрує систему проектування на рівні друкованої плати і на рівні ПЛІС (програмованих логічних інтегральних схем), редагування і виготовлення виробу в межах єдиної проектної середовища. Ця система в комбінації з сучасними можливостями управління проектними даними, дозволяє приймати закінчені проектні рішення при розробці електронних засобів.

Кожен інженер, при проектуванні та виготовленні схем пристроїв, потребує повної концентрації на завданнях проекту без необхідності змінювати середовища проектування під кожне конкретне завдання. З урахуванням цієї потреби було розроблено програмний засіб Altium Designer. Всі завдання з редагування виконуються як єдина прикладна робота, яка дозволяє легко перемикатися між

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

різними редакторами для виконання різних етапів процесу проектування.

Altium Designer – це унікальне середовище проектування, яке може забезпечити майже усі потреби розробника - від введення вхідних даних до генерації вихідної інформації для виготовлення друкованих плат; від розробки прикладних спеціальних програм до підготовки даних і завантаження проекту в ПЛІС - і все це в одному середовищі за підтримки інтегрованої платформи DXP.

Успішне виконання проекту у такому потужному додатку з великою кількістю різних можливостей потребує детального вивчення всіх нюансів роботи з ним, щоб використовувати це програмне забезпечення з максимальною продуктивністю. Дана система побудована таким чином, щоб постійно надавати користувачеві інтерактивну допомогу в роботі з нею, надаючи досить багато легко доступної довідкової інформації і забезпечуючи можливість детального вивчення можливостей системи.

Безпосередньо в програмне забезпечення Altium Designer вбудовано багато корисних навчальних ресурсів, які оновлюються з виходом кожної нової версії додатку, а також на сайті розробників є детальна документація, яка описує різні можливості застосунку. Компанія Altium, що має великий досвід в розробці програмного забезпечення постійно поповнює і розширює навчальні ресурси, при цьому додаткові матеріали автоматично додаються при кожному оновленні системи Altium Designer. Цим забезпечується постійне оновлення системи знань і синхронізація з постійно розвиваються методами і можливостями техніки.

Altium Designer надає широкі можливості для розробки електронних пристроїв, охоплюючи всі етапи програмного проектування, в тому числі:

- Проектування схем
- Розробка друкованих плат
- Розробка спеціального програмного забезпечення
- Моделювання розроблених схем
- Аналіз сигналів для цифрових схем
- Технологічна підготовка до виробництва друкованих плат
- Формування документації для пристроїв

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Усі вищеперераховані етапи проектування об'єднанні в розділах об'єднуючої системи, вбудованої в платформу Design Explorer (DXP) можливості та функції якої залежать від придбаної ліцензії та встановлених розширень. DXP завантажується одночасно з будь-якими із редакторів Altium Designer. DXP, по суті, являє інтерфейс користувача з усіма програмними інструментами і редакторами.

Інтерфейс Altium Designer має можливість повного налаштування під потребу розробника або розроблюваної схеми, дозволяючи сформувати зручне середовище для проектування. Можливість постійного вибору і редагування документів в різних додатках, дозволяє легко і плавно перемикатися між різними проектними завданнями в межах єдиної системи Altium Designer.

Для моделювання розробленого пристрою будемо використовувати програмний додаток Altium Designer, тому що вищевказані аналоги в не мають у своїй базі усі потрібні нам для пристрою елементи.

3.2 Конструювання схеми в додатку

Проект в Altium Designer містить зв'язку з усіма документами і установками, що відносяться до проекту.[29] Файл проекту, наприклад, xxx.PrjPCB, є текстовим файлом в кодуванні ASCII, який містить список документів проекту і супутніх вихідних установок, наприклад для роздруківок і виготовлення плати. Чи не пов'язані з проектом документи називаються «вільними документами». Зв'язки листів схеми і кінцевих елементів, наприклад, плат, ПЛІС або бібліотечним пакетом, також додаються в проект. Як тільки проект откомпилирован, можна виконати його верифікацію, синхронізацію і перевірку. Будь-які зміни в оригінальній схемі або в платі, оновлюються в проекті при його компіляції.

Процес створення нового проекту однаковий для всіх типів проекту. Будемо використовувати проект плати за приклад. Спочатку створимо файл проекту і потім створимо бланк схеми для додавання в новий порожній проект.

На початку роботи, створюємо новий проект плати:

Вказуємо в меню File → New → Project → PCB Project, або натискаємо ЛК на Blank Project (PCB) в секції New панелі Files. Якщо ця панель не

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

відобразилася, натискаємо на вкладці Files в нижній частині панелі Design Manager. Як варіант, можна вибрати Printed Circuit Board design в секції Pick a Task на домашній сторінці (View → Home) і потім натиснути ЛКМ на New Blank PCB Project.

З'явиться панель Projects. Новий файл проекту PCB_Project1.prjPCB, доданий тут з ознакою відсутності документів (No DocumentAdded).

Переіменуємо новий файл проекту (з розширенням .PrjPCB) по команді File → SaveProject As. Вкажіть місце для розміщення і збережіть проект на жорсткому диску, написавши назву в поле File Name, натискуємо Save.

Далі потрібно створити новий лист схеми за допомогою наступних кроків:

Указуємо File → New → Schematic або натискаємо Schematic Sheet в секції New панеліFiles. Бланк листа схеми з ім'ям Sheet1.schDoc відображається у вікні проекту, а схема автоматично додається до активного проект. Лист схеми тепер в списку з заголовком Source Documents нижче імені проекту на вкладці Projects.

Переіменовуємо новий файл схеми (з розширенням .SchDoc) вибравши File → SaveAs. Вказуємо місце для розміщення і збереження проекту на жорсткому диску, надрукуйте ім'я TP в поле File Name і натисніть Save.

При відкритті бланка листа схеми, буде видана інформація, що робоча область змінена. Головна панель інструментів включає ряд нових кнопок, нові панелі інструментів є видимими, панель меню включає нові елементи і відображається панель Sheet. Тепер робота ведеться в редакторі схем.

Тепер можна додати бланк схеми в проект перед початком роботи по введенню схеми. Якщо листи схем, які необхідно додати в файл проекту, відкриті, як вільні документи, натискаємо ПК на імені проекту в панелі Projects і виберіть Add Existing to Project. Вказуємо ім'я вільного документа і натисніть Open. Інакше, можна перетягнути вільний документ в список документів проекту в панелі Project. Лист схеми тепер роздрукований під назвою Source Documents нижче проектного імені на вкладці Projects і пов'язаний з файлом проекту.

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Тепер можна почати формування схеми розроблюваного багатофункціонального пристрою.

Для зручної роботи з великою кількістю бібліотек редактор схем надає потужний засіб пошуку в бібліотеках, які містять велику кількість елементів.

Натискаємо на вкладці Library для відображення панелі Libraries.

Натискаємо кнопку Search на панелі Libraries, або вкажіть Tools → Find Component для відкриття діалогу Libraries Search.

Переконаємося, що в рамці Scope позначений прапорець Libraries on Path і що рамка Path містить коректний шлях до бібліотек. Якщо була використана директорію за замовчуванням в процесі інсталяції системи, цей шлях буде C:\Users\Public\Documents\Altium\AD21\Library. Натискаємо на іконці папки для перегляду директорії бібліотек. Переконаємося, що прапорець Include Subdirectories не зазначено (немає галочки) для цього прикладу.

Необхідно розшукати відповідні компоненти, тому введемо * «назва компоненту» * в розділі запиту в верхній частині діалогу Libraries Search. Символ * це шаблон підстановки, використовуваний замість можливих різних префіксів і суфіксів для різних виробників.

Натискаємо кнопку Search для запуску пошуку.[30] Результат пошуку відображається на панелі Library при успішному пошуку. Якщо з пошуком елементів виникаються проблеми, можна скористатись сайтом Ostorpart, на якому знаходиться розширена база елементів зі спеціальними образами для симуляції.[31]

Розміщуємо компоненти на схемі.

Далі перейдемо до симуляції схеми.

Моделювання схем дозволяє інженеру вивчити свої ідеї перед тим, як взяти участь у виробництві. Концепції можна перевірити, а схему налаштувати швидко і точно. Моделювання також надає нам можливість виконувати вимірювання, які можуть бути фізично неможливими на виготовленій платі.

Для моделювання схеми в Altium Designer потрібно додатково встановити системне розширення Mixed Simulation. Для цього заходимо на вкладку Extensions & Updates → Purchased та натискаємо Install.

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Далі, заходимо в створений файл схеми та в меню зверху обраємо вкладку Simulate. Натискаємо Run Simulation. Після цього відкриється вікно Simulation Dashboard. Там ми побачимо результати верифікації схеми, далі перейдемо на вікно Preparation та ознайомимось з помилками та зауваженнями. виправимо помилки, якщо вони є та перейдемо до результатів симуляції.

3.3 Результат моделювання схеми

Для демонстрації функціонування схеми було вирішено провести моделювання блоку телеуправління.

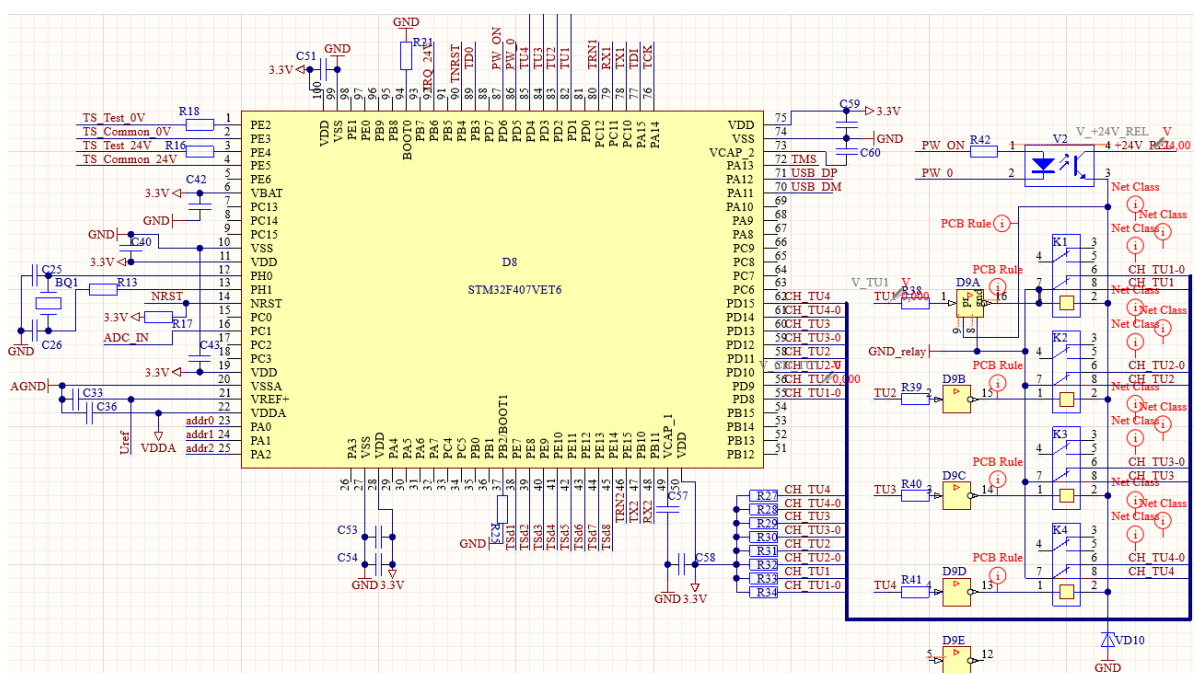


Рисунок 3.1 – Схема блоку телеуправління

В Altium Designer є можливість вказати точки, з яких будуть зніматися дані для аналізу. Для цього натискаємо праву кнопку миші та обираємо Cross Probe.

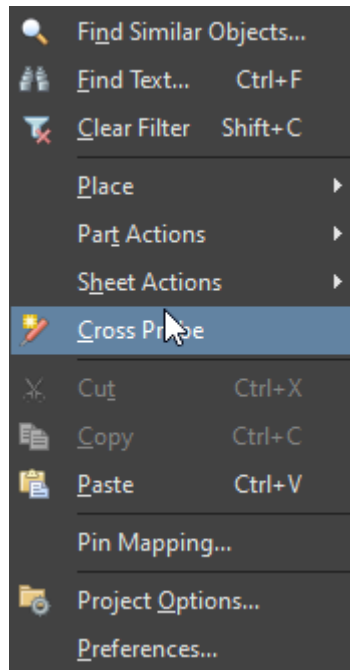


Рисунок 3.2. – Додавання точок збору даних

Додамо три точки збору даних:

- 1) вхід напруги живлення для реле
- 2) введення сигналу для команди телеуправління на першому реле
- 3) зчитування команди телеуправління, для перевірки її коректного

виконання

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

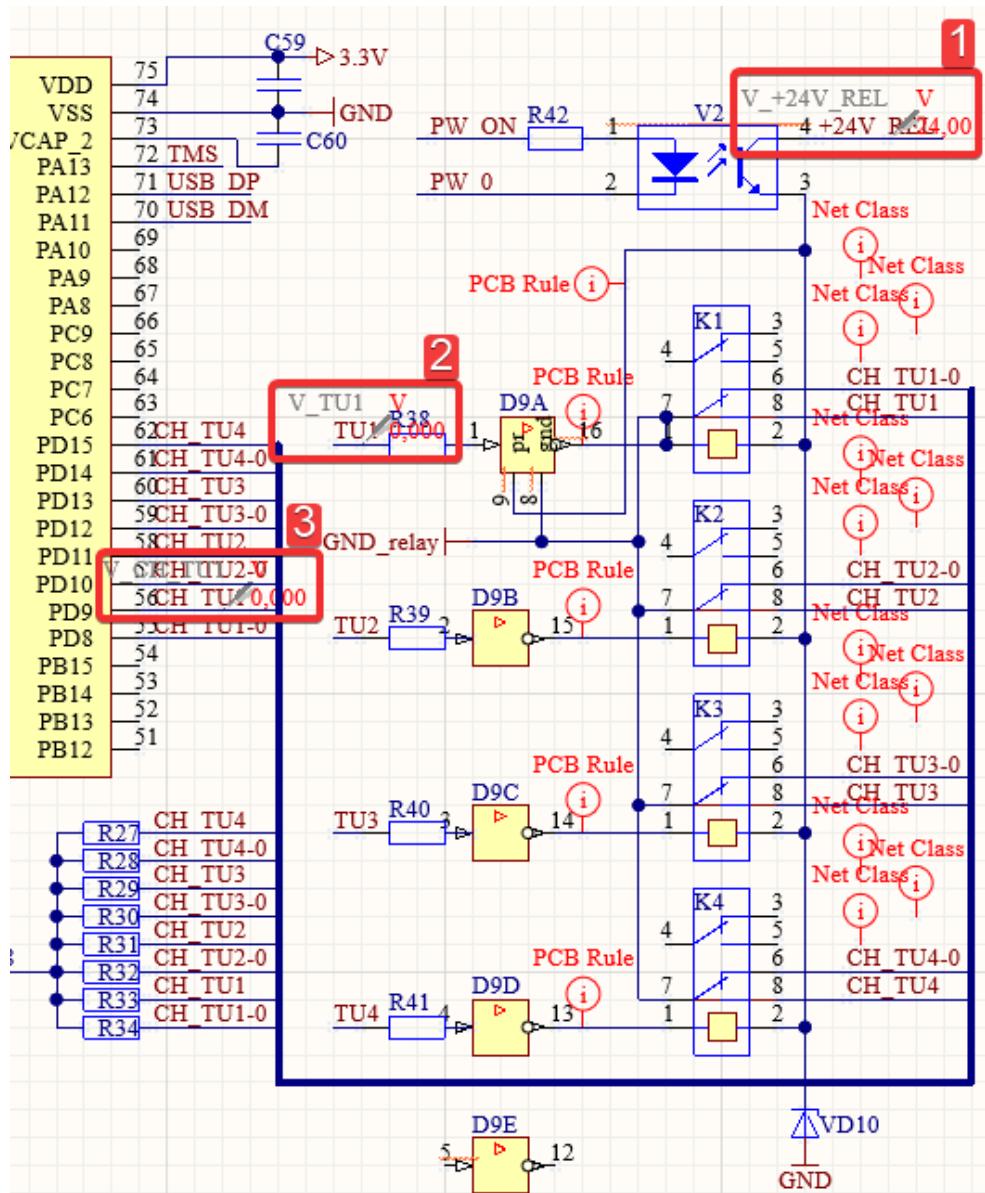


Рисунок 3.3 – Додані точки збору інформації про перший вивід та ввід блоку телеуправління

При моделюванні схеми формується три графіки: DC Sweep, Transient Analysis та AC Sweep. Нас цікавить два з них: DC Sweep (рис. 3.4) та Transient Analysis (рис. 3.5).

Графік DC Sweep показує джерела постійного струму. На рисунку видно дві лінії: зелена – джерело живлення реле; червона – наявність живлення на виводі команд телеуправління. Це свідчить про те, що все функціонує коректно та можна переходити до більш детального аналізу роботи пристрою.

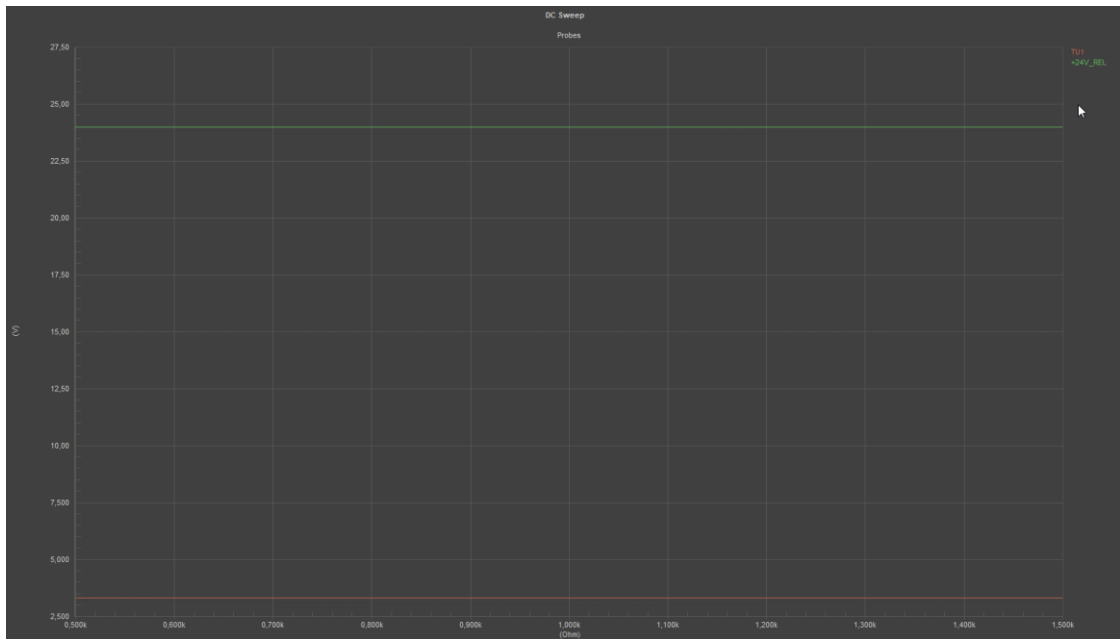


Рисунок 3.4 – Відображення постійного струму на вказаних точках блоку ТУ

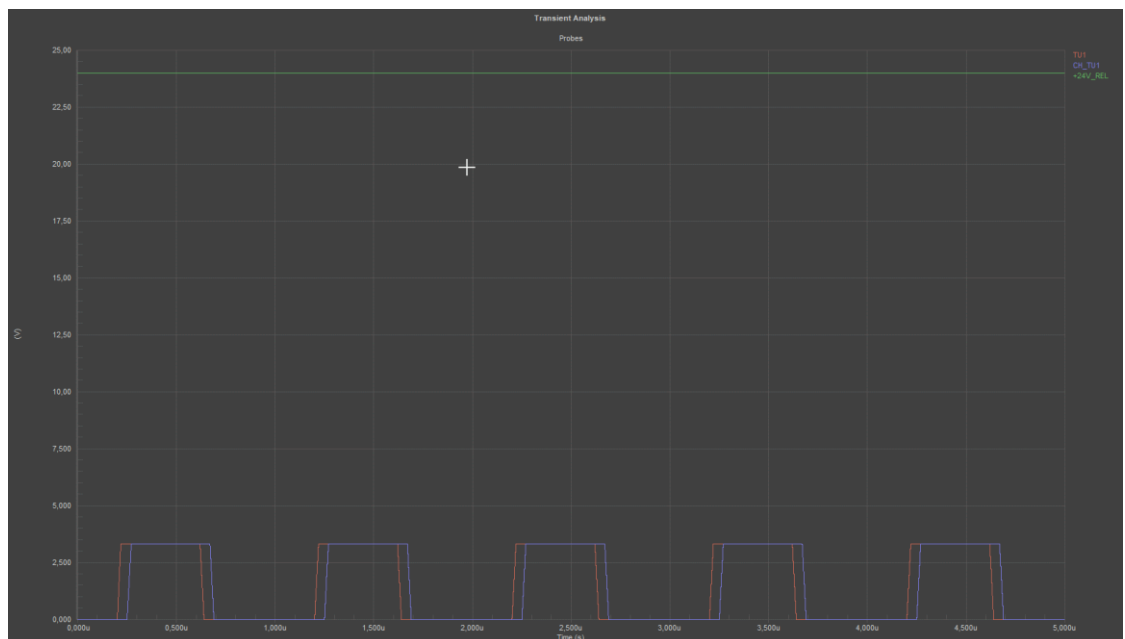


Рисунок 3.5 – Графік аналізу перехідних процесів першого виводу та вводу блоку ТУ

Далі перевіримо інші три вивода да ввода.

Дані для другого вводу та виводу.

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

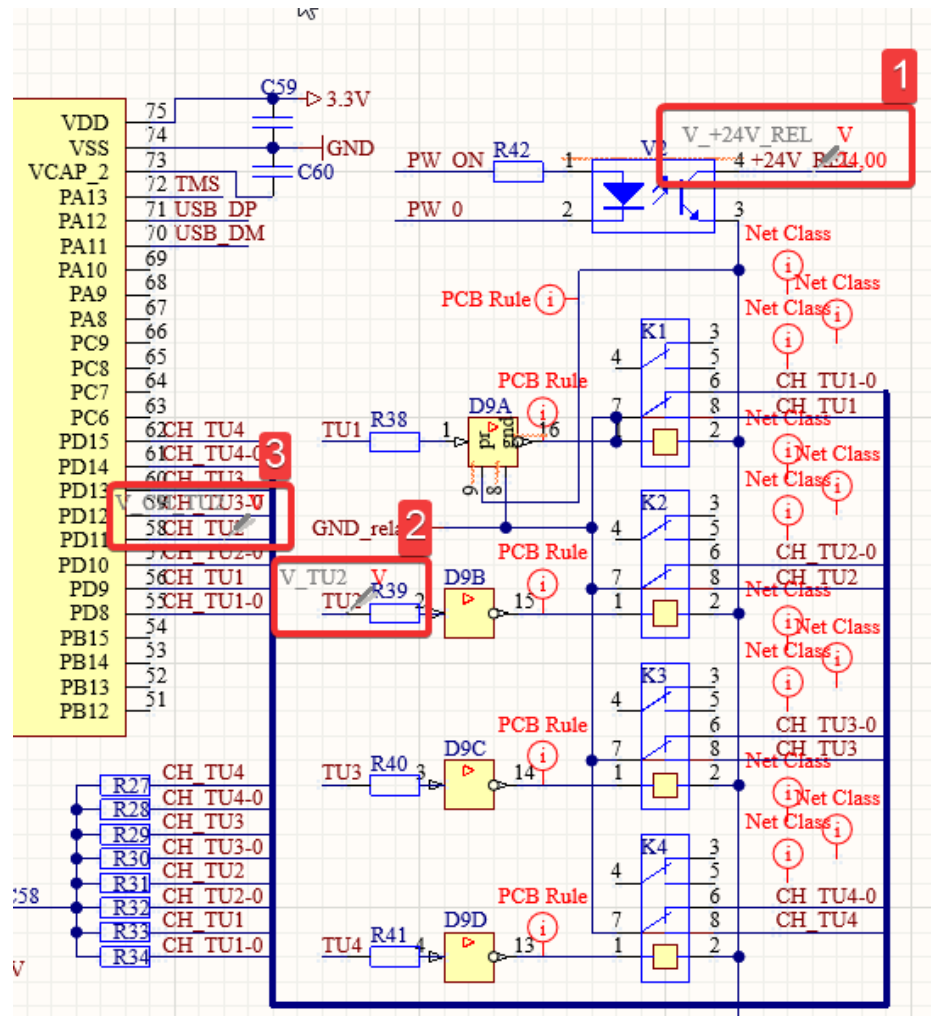


Рисунок 3.6 – Додані точки збору інформації про другий вивід та ввід блоку телеуправління

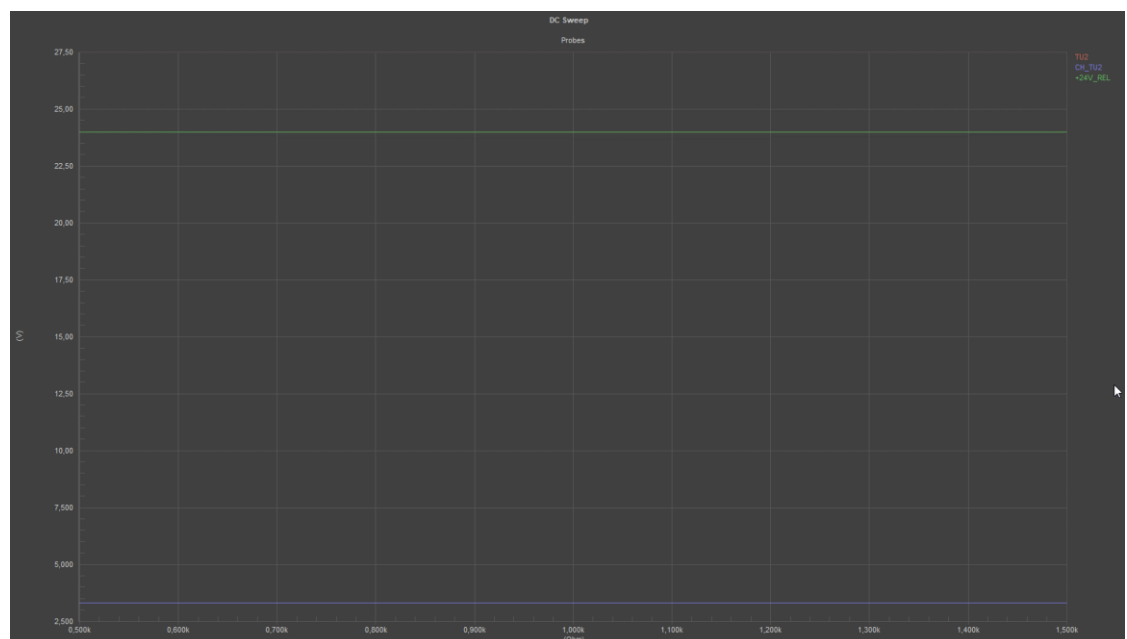


Рисунок 3.7 – Відображення постійного струму на вказаних точках блоку ТУ

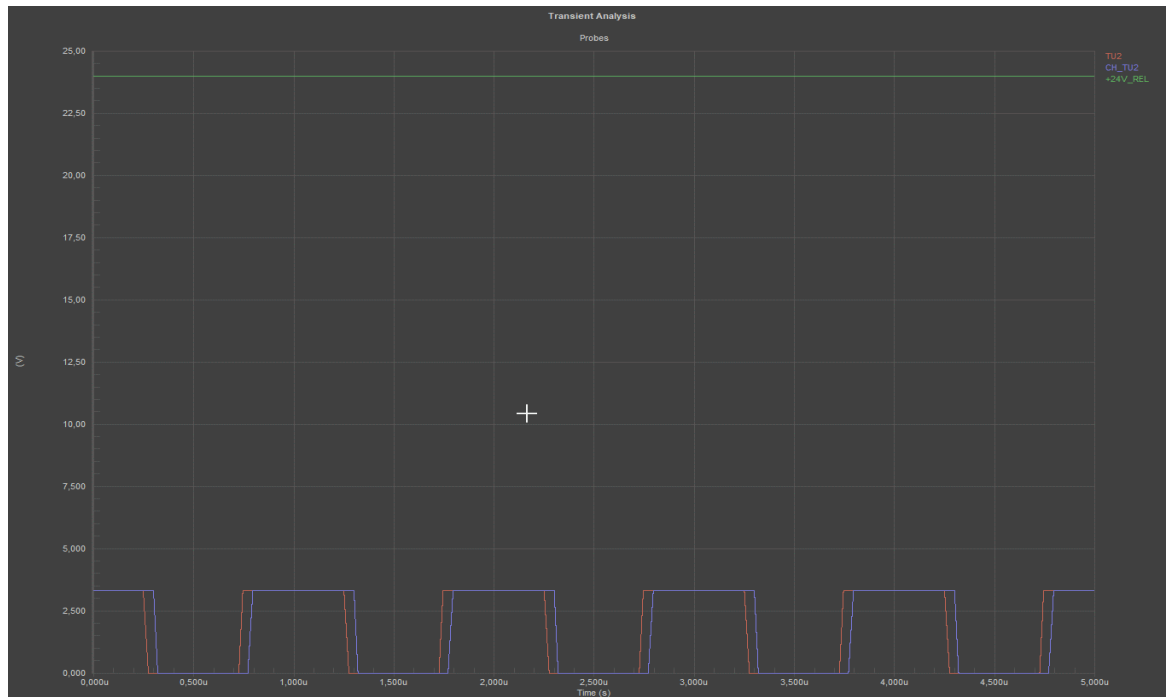


Рисунок 3.8 – Графік аналізу перехідних процесів другого виводу та вводу блоку ТУ

Дані для третього вводу та виводу.

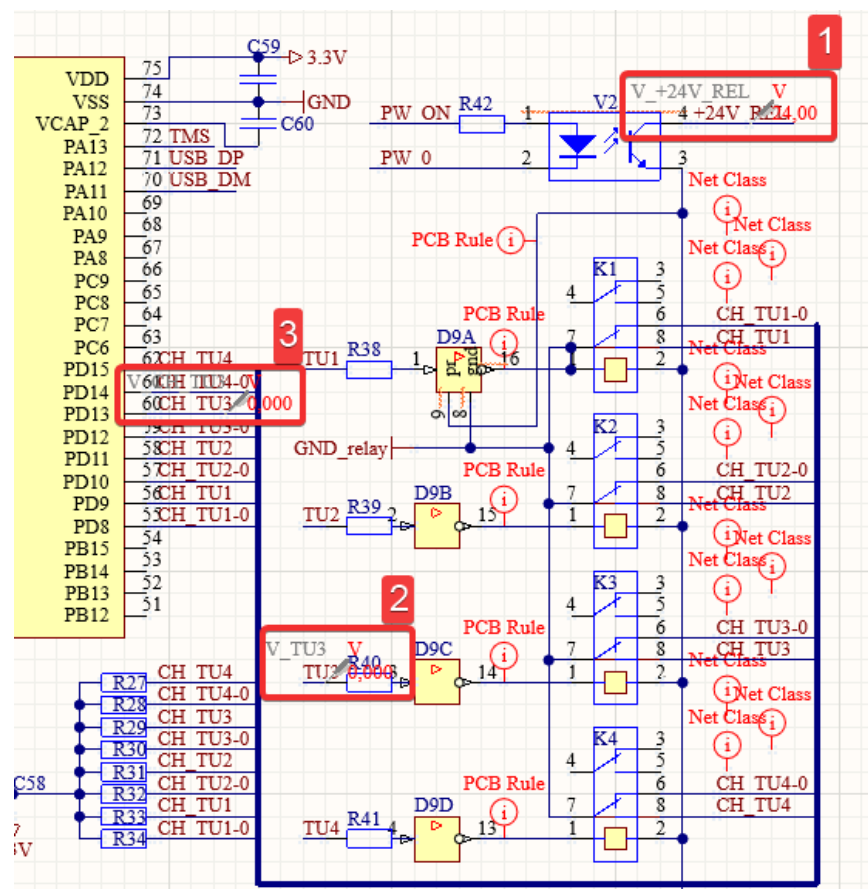


Рисунок 3.9 – Додані точки збору інформації про третій вивід та ввід блоку телеуправління

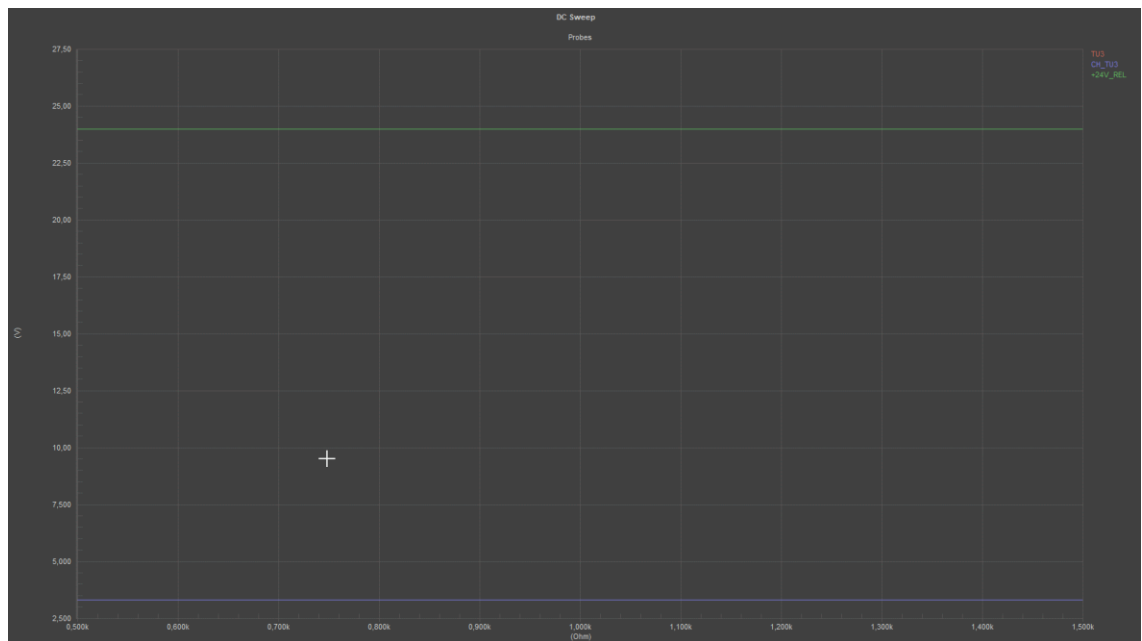


Рисунок 3.10 – Відображення постійного струму на вказаних точках блоку ТУ

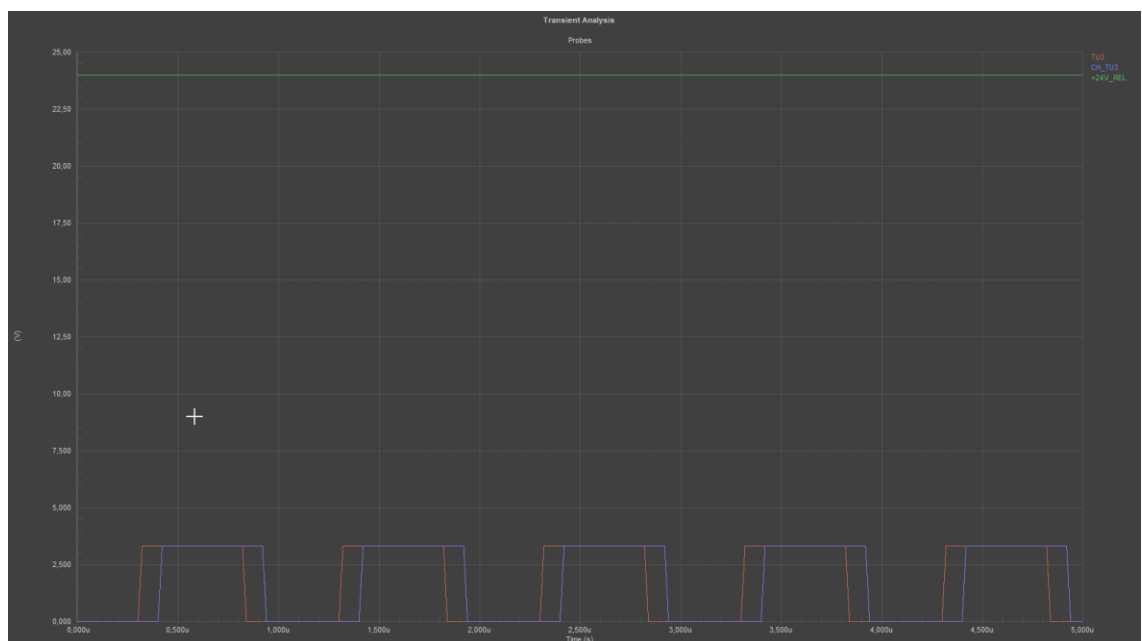


Рисунок 3.11 – Графік аналізу перехідних процесів третього виводу та вводу блоку ТУ

Дані для четвертого вводу та виводу.

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

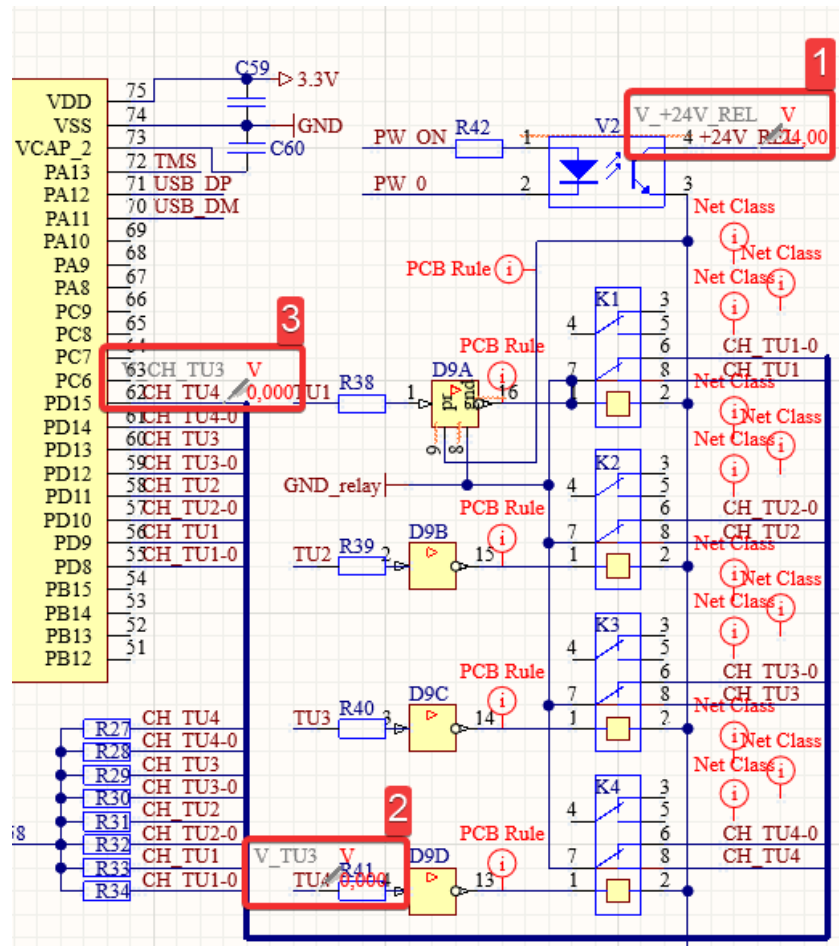


Рисунок 3.12 – Додані точки збору інформації про четвертий вивід та ввід блоку телеуправління

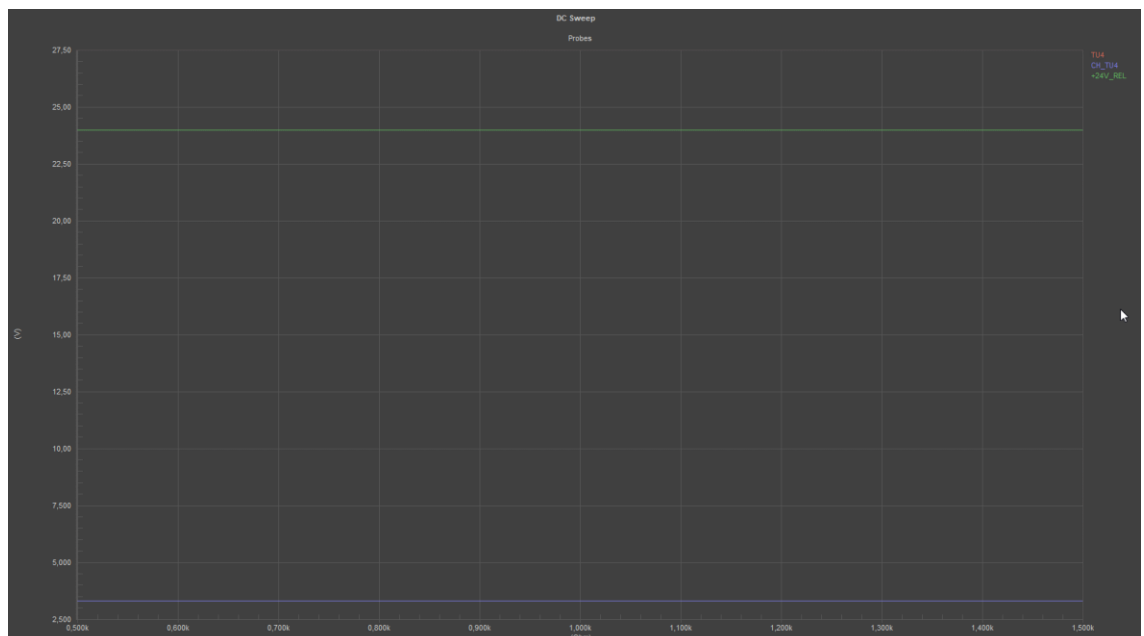


Рисунок 3.13 – Відображення постійного струму на вказаних точках блоку ТУ

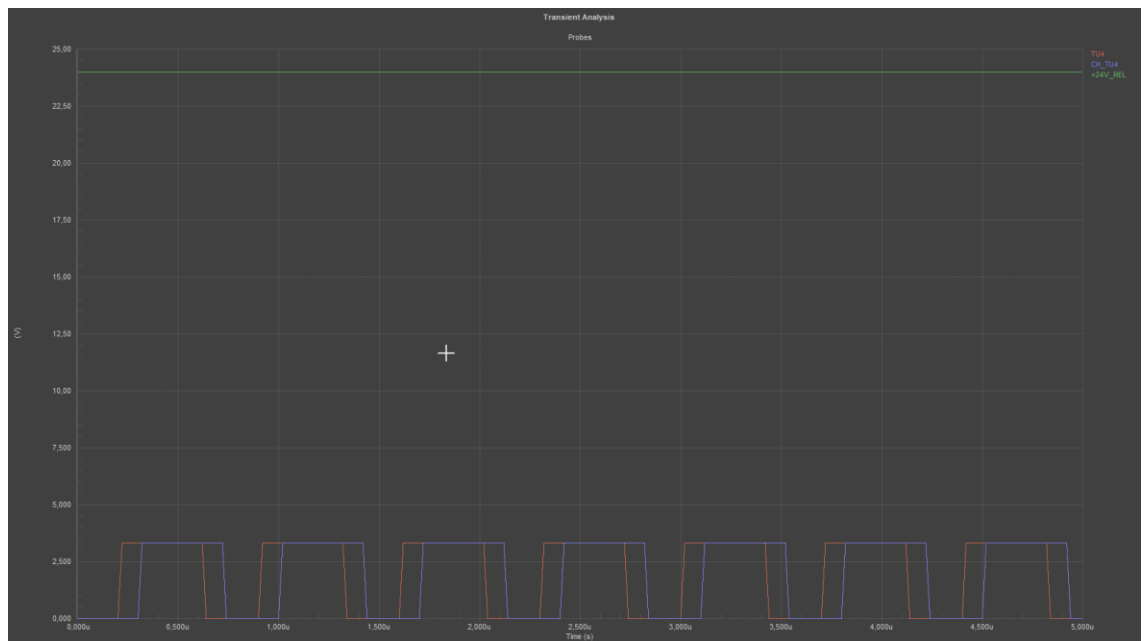


Рисунок 3.14 – Графік аналізу перехідних процесів четвертого виводу та вводу блоку ТУ

Висновки до третього розділу

У третьому розділі було обрано середовище для моделювання схеми – Altium Designer. Зконструювали вузол телеуправління та детально описали цей процес. Провели моделювання та проаналізували роботу усіх чотирьох виводів та ввідів телеуправління. Переконались у працездатності розробленого інформаційно-управляючого комплексу.

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було розроблено багатофункціональний пристрій для інформаційно-управляючого комплексу.

Було здійснено аналіз інформаційних джерел. З'ясовано призначення, галузі застосування, структуру та принципи функціонування інформаційно-управляючого комплексу. Обґрунтовано необхідність та описано багатофункціональність розроблюваного пристрою. Пристрій поєднує в собі три найбільш важливі функціональні модулі інформаційно-управляючого комплексу – модуль приймання команд телеуправління, модуль введення телевимірювань поточних значень параметрів, модуль введення дискретних сигналів. Це має важливе значення у випадках, якщо кількість датчиків, виконавчих механізмів, розміщених на пристрої контролюваного пункту телемеханічного комплексу, є невеликою. Замість застосування декількох повноцінних функціональних модулів різних типів з'являється можливість застосування одного багатофункціонального модуля. Проаналізовано представлені на ринку аналогічні системи: пристрій телеуправління ВІТЕР-3М та модуль телесигналізації TOPAZ TM DIN16C-Pr. Сформовано вимоги до пристрою.

Було розроблено та описано структурну схему. Здійснено вибір та обґрунтування вибір елементної бази. Основу схеми пристрою становить мікроконтролер STM32F407VET6. Визначено та розраховано апаратні затрати на побудову схеми. Вони становлять 12 мікросхем. Потужність споживання 1,2 Вт. Також розробили принципіальну електричну схему. Також розроблено алгоритм роботи пристрою. Обрано мову програмування для розробки програми мікроконтролера. Програма була написана на мові програмування C.

Проаналізувавши декілька додатків для моделювання схем було обрано середовище для моделювання схеми – Altium Designer. Зконструювали вузол телеуправління та детально описали цей процес. Провели моделювання та проаналізували роботу усіх чотирьох виводів та ввідів телеуправління. Переконались у працездатності розробленого інформаційно-управляючого комплексу.

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Тутевич, В.Н. Телемеханика [Текст]: учебное пособие / В.Н. Тутевич. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высш. шк., 1985. – 423 с.
2. Локтікова, Т.М., Морозов, А.В., Большой В.А., Кушнір Н.О. Методи та засоби обробки і передачі інформації в системах і мережах передачі даних: навчальний посібник. – Житомир, Житомирський державний технологічний університет, 2015. – 162 с.
3. Лімінович, І.Д., Локтікова, Т.М., Кушнір Н.О. Розробка багатофункціонального мікропроцесорного пристрою для інформаційно-управляючого комплексу. – Тези Всеукраїнської науково-практичної on-line конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, присвяченої Дню науки (Житомир, 11-15 травня 2021). – с. 141
4. Основи електроніки та схемотехніки. Лекції. URL: <http://moodle.ipo.kpi.ua/moodle/course/view.php?id=129>
5. Класифікація інтегральних мікросхем і система позначень. URL: <http://moodle.ipo.kpi.ua/moodle/mod/resource/view.php?id=12784>
6. Напівпровідникові інтегральні мікросхеми. URL: <http://moodle.ipo.kpi.ua/moodle/mod/resource/view.php?id=12783>
7. Плівкові інтегральні мікросхеми. URL: <http://moodle.ipo.kpi.ua/moodle/mod/resource/view.php?id=12785>
8. Гібридні інтегральні мікросхеми. URL: <http://moodle.ipo.kpi.ua/moodle/mod/resource/view.php?id=12786>
9. Интегральные микросхемы: Микросхемы для аналого-цифрового преобразования и средств мультимедиа [Текст]. Вып. 1. – М.: ДОДЭКА, 1996. – 384 с.
10. Ильин, В.А. Телеуправление и телеизмерение [Текст]: учебное пособие / В.А. Ильин. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Энергоиздат, 1982. – 560с

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

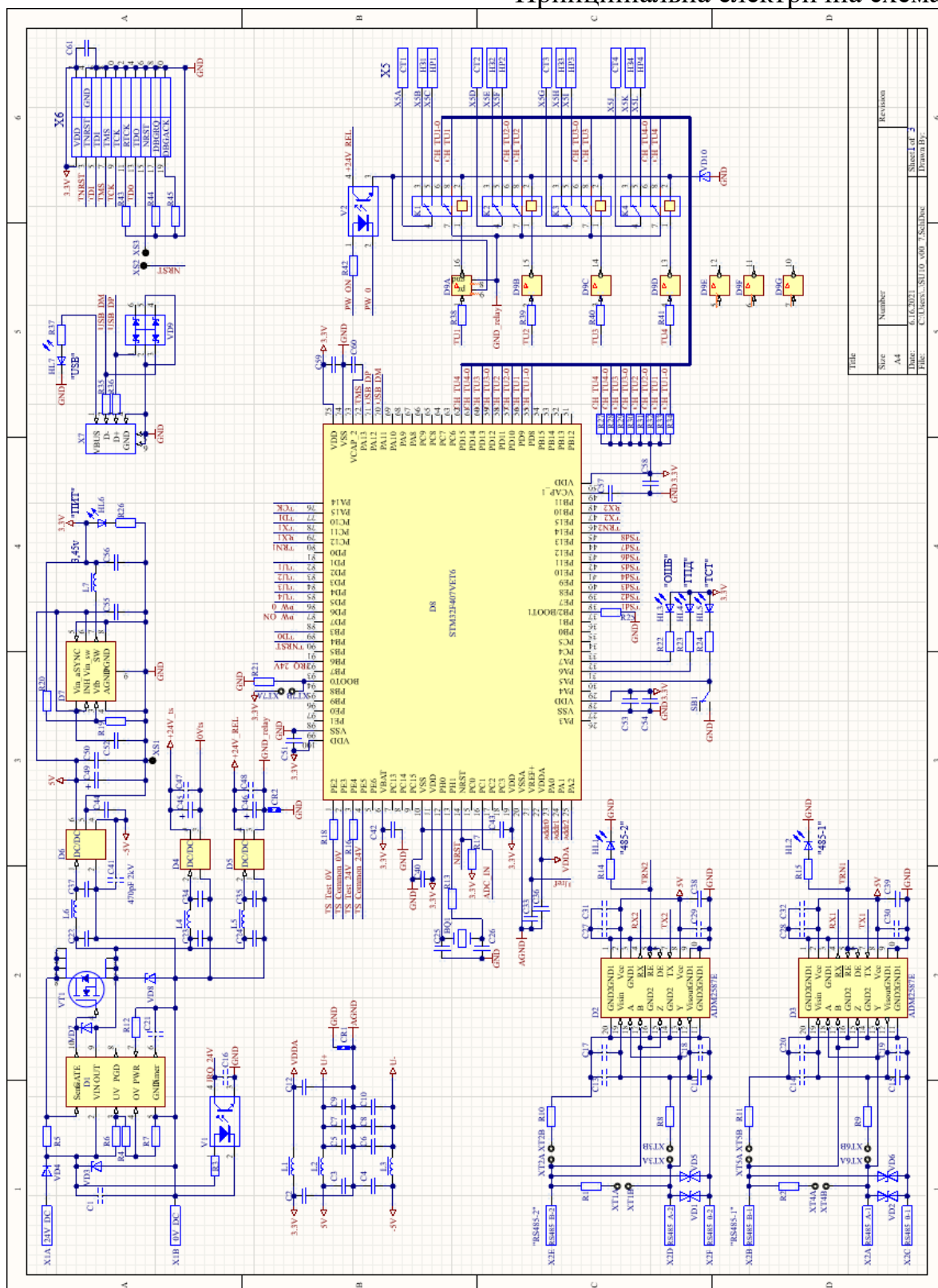
11. Митюшкин, К.Г. Телеконтроль и телеуправление в энергосистемах [Текст]: производственно-практическое издание / К. Г. Митюшкин. – Москва: Энергоатомиздат, 1990. – 286 с.
12. Нефедов, А.В. Интегральные микросхемы и их зарубежные аналоги. Серии К544 – К564. Т.5 [Текст] / А.В. Нефедов. – М.: РадиоСофт, 1998.
13. Основы автоматики, автоматизации и телеуправление устройствами энергоснабжения электрических железных дорог [Текст]: [для вузов ж.-д. транспорта] / под ред. д-ра техн. наук, проф. Н.Д. Сухопрудского. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1975. – 351 с.
14. Пшеничников, А.М. Телемеханические системы на интегральных Микросхемах [Текст] / А.М. Пшеничников, М. Л. Портнов. – Москва: Энергия, 1977. – 296 с.
15. ГОСТ 26.205-88. Комплексы и устройства телемеханики: общие технические условия [Текст]: Изд.офиц. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 28 с.
16. Alldatasheet catalog Search Engine. URL: <http://www.alldatasheet.com>.
17. STMicroelectronics Official Website URL: https://www.st.com/content/st_com/en.html
18. STMicroelectronics Product overview. URL: <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32f407ve.html>
19. Лімінович, І.Д., Локтікова, Т.М., Фоменко, С.О. Розробка багатофункціонального пристрою для інформаційно-управляючого комплексу із застосуванням сигнального мікроконтролера. – Тези І науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених (Львів, 10-12 жовтня 2019). – с. 118 – 119
20. Залужний, А.М. Розрахунок показників надійності радіоелектронної апаратури [Текст]: навчальний посібник / А.М.Залужний, Є.С. Купкін. – Житомир: ЖІТІ, 1998. – 75 с.
21. Kernighan Brian, Ritchie Dennis. The C Programming Language. – Englewood Cliffs, Prentice Hall – 244 p.

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

22. Языки программирования микроконтроллеров URL: <https://mcucpu.ru/index.php/soft/42-lmcu/67-programmlang>
23. Практическое руководство по программированию STM-микроконтроллеров. URL: <https://portal.tpu.ru/SHARED/t/TORGAEV/academic/Tab4/Posobie3.pdf>
24. HAL GPIO Generic Driver. Функции управления портами ввода-вывода. URL: <http://mypractic.ru/hal-gpio-generic-driver-funkcii-upravleniya-portami-vvoda-vyvoda>
25. Работа с регистрами микроконтроллера STM32. Библиотеки CMSIS и HAL. URL: <http://mypractic.ru/urok-4-rabota-s-registrami-mikrokontrollera-stm32-biblioteki-cmsis-i-hal.html>
26. Система тактирования STM32. URL: <http://mypractic.ru/urok-5-sistema-taktirovaniya-stm32.html>
27. Design a Custom Microcontroller Programming and Testing Board. URL: <https://www.allaboutcircuits.com/projects/design-your-own-microcontroller-programming-and-testing-board/>
28. Altium: Программные средства проектирования печатных плат. URL: <https://www.altium.com/ru>
29. Документация Altium Designer. URL: <https://www.altium.com/ru/documentation/altium-designer>
30. Altium Designer Knowledge Base. URL: <https://www.altium.com/documentation/knowledge-base/altium-designer>
31. Octopart: Datasheets, Electronic Parts, Components, Search. URL: <https://octopart.com>

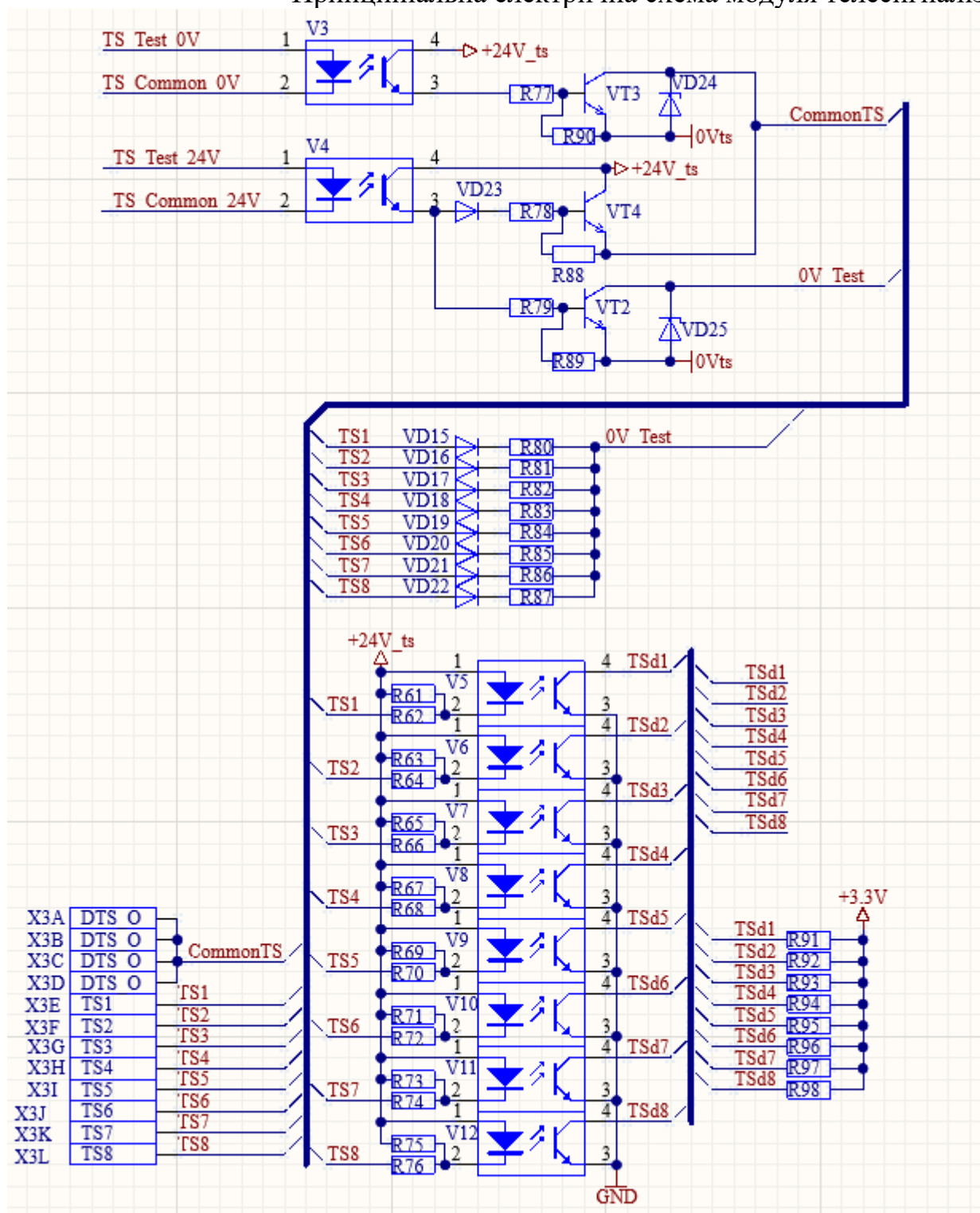
ДОДАТКИ

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Title		Revision	
Size	Number		
A4			
Date:	6, 16, 2021	Sheet 1 of 3	
6, 16, 2021 6, 16, 2021 6, 16, 2021			

Принципіальна електрична схема модуля телесигналізації



```

int8_t TU_Command(uint8_t *data)
{
    if((data[0]==0x1 && data[1]==0x5)
    {
        HAL_GPIO_WritePin(PW1_PLUS_GPIO_Port, PW1_PLUS_Pin, GPIO_PIN_SET);
        HAL_GPIO_WritePin(PW1_0V_GPIO_Port, PW1_0V_Pin, GPIO_PIN_RESET);
        HAL_GPIO_WritePin(PW2_PLUS_GPIO_Port, PW2_PLUS_Pin, GPIO_PIN_SET);
        HAL_GPIO_WritePin(PW2_0V_GPIO_Port, PW2_0V_Pin, GPIO_PIN_RESET);
        if(data[2]==0x0 && data[3]==0x1)
        {
            if(data[4]==0xff && data[5]==0x00)
            {
                HAL_GPIO_WritePin(TU1_GPIO_Port, TU1_Pin, GPIO_PIN_SET);
                HAL_GPIO_WritePin(TU3_GPIO_Port, TU3_Pin, GPIO_PIN_RESET);
                osDelay(2000);
                HAL_GPIO_WritePin(TU1_GPIO_Port, TU1_Pin, GPIO_PIN_RESET);
                return 0xFF;
            }
            if(data[4]==0x00 && data[5]==0x00)
            {
                HAL_GPIO_WritePin(TU3_GPIO_Port, TU3_Pin, GPIO_PIN_SET);
                HAL_GPIO_WritePin(TU1_GPIO_Port, TU1_Pin, GPIO_PIN_RESET);
                osDelay(2000);
                HAL_GPIO_WritePin(TU3_GPIO_Port, TU3_Pin, GPIO_PIN_RESET);
                return 0x00;
            }
        }
        if(data[2]==0x0 && data[3]==0x2)
        {
            if(data[4]==0xff && data[5]==0x00)
            {
                HAL_GPIO_WritePin(TU2_GPIO_Port, TU2_Pin, GPIO_PIN_SET);
                HAL_GPIO_WritePin(TU4_GPIO_Port, TU4_Pin, GPIO_PIN_RESET);
                osDelay(1000);
                HAL_GPIO_WritePin(TU2_GPIO_Port, TU2_Pin, GPIO_PIN_RESET);
                return 0xFF;
            }
            if(data[4]==0x00 && data[5]==0x00)
            {
                HAL_GPIO_WritePin(TU4_GPIO_Port, TU4_Pin, GPIO_PIN_SET);
                HAL_GPIO_WritePin(TU2_GPIO_Port, TU2_Pin, GPIO_PIN_RESET);
                osDelay(1000);
                HAL_GPIO_WritePin(TU4_GPIO_Port, TU4_Pin, GPIO_PIN_RESET);
                return 0x00;
            }
        }
    }
    else
        HAL_GPIO_WritePin(PW2_PLUS_GPIO_Port, PW2_PLUS_Pin, GPIO_PIN_RESET);
    osDelay(200);
}

```

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

    HAL_GPIO_WritePin(PW1_PLUS_GPIO_Port, PW1_PLUS_Pin, GPIO_PIN_RESET);
    return ERROR;
}

```

```

uint8_t ReadTUON ()
{
    uint8_t qTS;
    qTS=0;
    qTS|= HAL_GPIO_ReadPin(CH_TU1_GPIO_Port,CH_TU1_Pin);
    qTS<<=1;
    qTS|= HAL_GPIO_ReadPin(CH_TU2_GPIO_Port,CH_TU2_Pin);
    qTS<<=1;
    qTS|= HAL_GPIO_ReadPin(CH_TU3_GPIO_Port,CH_TU3_Pin);
    qTS<<=1;
    qTS|= HAL_GPIO_ReadPin(CH_TU4_GPIO_Port,CH_TU4_Pin);
    // return qTS;
//}
//uint8_t ReadTUOFF ()
//{
//uint8_t qTS=0;
//    qTS<<=1;
//    qTS|= HAL_GPIO_ReadPin(CH_TU1_0_GPIO_Port,CH_TU1_0_Pin);
//    qTS<<=1;
//    qTS|= HAL_GPIO_ReadPin(CH_TU2_0_GPIO_Port,CH_TU2_0_Pin);
//    qTS<<=1;
//    qTS|= HAL_GPIO_ReadPin(CH_TU3_0_GPIO_Port,CH_TU3_0_Pin);
//    qTS<<=1;
//    qTS|= HAL_GPIO_ReadPin(CH_TU4_0_GPIO_Port,CH_TU4_0_Pin);
    return qTS;
}

```

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Додаток D

Найменування	Опис	Позначення	Кількість
KX-49T(KX-3HT) 12.000Мгц, 30ppm (GEYER, HC49/U, T=- 40...+85)	Резонатор	BQ1	1
C-0603-X7R-0,01мкФ-50В	Конденсатор	C1, C13, C14, C16, C31, C32	6
C-0603-X7R-0,1мкФ-50В	Конденсатор	C2, C3, C4, C7, C8, C9, C10, C17, C18, C19, C20, C27, C28, C29, C30, C33, C36, C40, C43, C47, C48, C50, C51, C54, C58, C59, C61, C66, C69	29
C-1206-X5R-10uF-16V	Конденсатор	C5, C6, C11, C15, C38, C39, C44, C55	8
C-1206-Y5V-2,2uF-50V	Конденсатор	C12, C22, C23, C24, C34, C35, C37, C42, C52, C57, C60, C62, C63, C64, C65, C67, C68	17
C-0805-X7R-1мкФ+-20%-50В	Конденсатор	C21	1
C-0603-NPO-20pF+-10%	Конденсатор	C25, C26	2
470pF 2kV (Radial Leaded)	Конденсатор ви- соковольтний керамічний	C41	1
35V 100mkF (HITANO, EXR)	Конденсатор	C45, C46	2
6,3V 100mkF (HITANO, EXR)	Конденсатор	C49	1
C-1210-X5R-22uF-16V	Конденсатор	C53, C56	2
LM5069MM-2/NOPB	Мікросхема	D1	1
ADM2587E	Мікросхема	D2, D3	2
P10AU-2424ELF (SIP4, PEAK)	Мікросхема	D4, D5	2
P10CU-2405ZLF (2W, SIP7)	Мікросхема	D6	1
ST1S10PHR (STM, SO8)	Мікросхема	D7	1
STM32F407VET6	Мікросхема	D8	1
ULN2001D1 (SOIC)	Мікросхема	D9	1
CD4051(SOIC)	Мікросхема	D10	1
OP07C (SO8)	Мікросхема	D11	1
AD1583A (SOT-23)	Мікросхема ДОН	D12	1
L-934 RED	Світлодіод	HL1, HL2, HL3, HL4, HL5, HL6, HL7	7
Реле RT424024 (TYCO)	Реле	K1, K2, K3, K4	4
LQH32DN(Z)_53 100мкГ (1210)	Дросель	L1, L2, L3	3
LQH32DN(Z)_53 15мкГ (1210)	Дросель	L4, L5, L6	3

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

LQH32DN(Z)_53 3,3мкГ (1210)	Дросель	L7	1
R-0603-120 Ом+-10%	Резистор	R1, R2, R60	3
R-0603-4,7кОм+-10%	Резистор	R3, R27, R28, R29, R30, R31, R32, R33, R34	9
R-0603-3 кОм+-1%	Резистор	R4	1
R-1206-0.15 Ом+-10%	Резистор	R5	1
R-0603-47кОм+-1%	Резистор	R6	1
R-0603-4,7 кОм+-1%	Резистор	R7	1
R-0603-560 Ом+-10%	Резистор	R8, R9, R10, R11, R37	5
R-0603-47кОм+-10%	Резистор	R12	1
R-0603-270 Ом+-10%	Резистор	R13, R14, R15, R16, R18, R22, R23, R24, R26	9
R-0603-1кОм+-10%	Резистор	R17, R21, R25, R38, R39, R40, R41, R42, R88, R89, R90	11
R-0603-10кОм+-1%	Резистор	R19	1
R-0603-33кОм+-1%	Резистор	R20, R56, R58, R59	4
R-0603-27 Ом+-10%	Резистор	R35, R36	2
R-0603-10кОм+-10%	Резистор	R43, R44, R45, R46, R47, R77, R79	7
R-1206-1,5кОм+-10%	Резистор	R48, R49, R50, R51	4
R-0603-294 Ом+-1%	Резистор	R52, R53, R54, R55	4
R-0603-93,1кОм+-1%	Резистор	R57	1
R-0603-330Ом+-10%	Резистор	R61, R63, R65, R67, R69, R71, R73, R75, R78	9
R-1206-2.2кОм+-10%	Резистор	R62, R64, R66, R68, R70, R72, R74, R76, R80, R81, R82, R83, R84, R85, R86, R87	16
R-0603-2.2кОм+-10%	Резистор	R91, R92, R93, R94, R95, R96, R97, R98	8
PS-12E05	Перемикач	SB1	1
EL357ND(NC)	Оптопара	V1, V3, V4, V5, V6, V7, V8, V9, V10, V11, V12	11
TLP627(планарный DIP4)	Оптопара	V2	1
1SMA6,8CAT3	Супресор	VD1, VD2, VD5, VD6	4
1SMA30AT3	Супресор	VD3, VD8, VD10, VD24, VD25	5
SK54	Діод	VD4	1
BZV55C5V1	Стабілітрон	VD7	1
ESDA5V3SC6	Діод захисний	VD9	1
DA108S1	Діодна збірка	VD11	1
1SMA6.0AT3	Супресор	VD12, VD13	2
BAT54S	Діодна збірка	VD14	1

		Лімінович І.Д.			КІ.КР.Б. – 123 – 21 – ПЗ	Арк.
		Полторак В.П.				71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

LL4148	Діод	VD15, VD16, VD17, VD18, VD19, VD20, VD21, VD22, VD23	9
IRF7478 (IRF7807)	Транзистор MOS-N	VT1	1
BC817-40	Транзистор	VT2, VT3, VT4	3
MSTBA2,5/2-G с розеткой MSTB2,5/2-ST	Вилка	X1	1
MCDN 1,5/3-G1-3,5 P26THR с вставкой FMC 1.5/3-ST-3.5	Вилка	X2, X4	2
MCDN 1,5/6-G1-3,5 P26THR с вставкой FMC 1.5/6-ST-3.5	Вилка	X3, X5	2
BH20-G	Вилка	X6	1
USB TYPE B	Розетка	X7	1
PLS-2	Штир	XT1, XT2, XT3, XT4, XT5, XT6, XT7	7