

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В. ДАЛЯ  
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ  
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

До захисту допускається  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Скарга-Бандурова І.С.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТА) БАКАЛАВРА**  
**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

НА ТЕМУ:

**Блок формування дискретних сигналів БФДС-21**

---

---

---

Освітньо-кваліфікаційний рівень “Бакалавр”

Науковий керівник роботи:

\_\_\_\_\_ (підпис)

**В.А. Ларгін**

\_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище)

Консультант з охорони праці:

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Я.О. Критська**

\_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище)

Студент:

\_\_\_\_\_ (підпис)

**О.О. Лавриненко**

\_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище)

Група:

**КІ-146Д**

Сєверодонецьк 2018

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет Інформаційних технологій та електроніки  
Кафедра Комп'ютерної інженерії  
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр  
Напрямок підготовки 6.050102 Комп'ютерна інженерія  
(шифр і назва)  
Спеціальність \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
І.С. Скарга-Бандурова  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) БАКАЛАВРА**

Лавриненко Ользі Олександрівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Блок формування дискретних сигналів БФДС-21.

керівник проекту (роботи) Ларгін Віктор Анатольович, к.т.н., доцент.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2018 р. № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи Мікроконтролери STM32F405 і LPC4357.

Перетворювачі DC/DC ML103S-05EI Micro Power Direct і DC/DC RP08 243.3

SAW Resom.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) \_\_\_\_\_

1. Використання проекту в системі локомотивної безпеки.

2. Аналіз апаратної частини БФДС-21.

3. Огляд програмного забезпечення.

4. Розробка проекту.

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

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Критстка Яна Олександрівна, асистент		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Керівник \_\_\_\_\_

(підпис)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_

(підпис)

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту ( роботи )	Примітка
1	а) Збір та вивчення джерел інформації для написання дипломної роботи; б) складання бібліографії наукових джерел	До 14.05.2018	
2	Виконання та оформлення розділу з охорони праці	До 16.06.2018	
3	Написання першого розділу	До 18.05.2018	
4	Аналіз апаратної частини БФДС-21 та написання другого розділу	До 26.05.2018	
5	Огляд програмного забезпечення та написання третього розділу	До 28.05.2018	
6	Розробка проекту та написання четвертого розділу	До 5.06.2018	
7	Написання вступу та висновків	До 7.06.2018	
8	Виправлення зауважень	До 9.06.2018	
9	Захист дипломного проекту	19.06.2018	
		(Згідно графіку)	

Студент \_\_\_\_\_

( підпис )

**Лавриненко О.О.** \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Науковий керівник \_\_\_\_\_

( підпис )

**Ларгін В.А.** \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту (роботи) бакалавра: 73 с., 6 рис., 5 табл., 26 бібліографічних джерел посилань, 4 формули, 5 додатків.

Предметом дослідницької праці є розробка блоку формування дискретних сигналів БФДС-21.

У вступі представляється об'єкт дослідження з вказанням на його практичну та теоретичну важливість.

У першому розділі представлена інформація про структуру об'єкту дослідження та визначаються вимоги до структури БФДС-21, а також міститься детальний опис технічного завдання.

Другий розділ містить у собі детальний аналіз апаратної частини БФДС-21.

Третій розділ містить у собі детальний опис інструментів розробки з вказанням галузей їх застосування.

Четвертий розділ описує розробку блоку формування дискретних сигналів БФДС-21.

Висновок являє собою підведення підсумків з розробки блоку формування дискретних сигналів БФДС-21.

**Ключові слова:** БЛОК ФОРМУВАННЯ ДИСКРЕТНИХ СИГНАЛІВ, БФДС-21, МІКРОКОНТРОЛЕР, STM32F405, LPC4357, CAN, UART, SPI, DC/DC ПЕРЕТВОРЮВАЧ, ДИСКРЕТНІ СИГНАЛИ, ВУЗОЛ НАПРУГИ, ВУЗОЛ ЖИВЛЕННЯ.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАК .....	7
ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ЗАДАЧІ .....	11
1.1 Система локомотивної безпеки .....	11
1.2 Аналіз аналогів .....	12
1.3 Технічне завдання.....	13
1.3.1 Загальна концепція .....	13
1.3.2 Вимоги до основних характеристик і складу БФДС-21 .....	14
1.3.3 Вимоги до структури і вузлів БФДС-21 .....	14
1.3.4 Вимоги до конструкції БФДС-21 .....	16
2 АНАЛІЗ АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ БФДС-21 .....	17
2.1 32-розрядна архітектура ARM.....	17
2.2 Сімейство мікроконтролерів STM32 .....	19
2.3 Мікроконтролер .....	21
2.4 CAN- інтерфейс .....	23
2.5 DC/DC перетворювач .....	23
2.6 UART інтерфейс .....	26
2.7 SPI інтерфейс.....	26
3 ОГЛЯД ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	29
3.1 Призначення IT-Enterprise .....	29
3.2 Призначення P-CAD .....	30
3.3 Призначення AutoCAD .....	30
3.4 Призначення IAR Workbench .....	31
4 РОЗРОБКА БФДС-21 .....	32
4.1 Опис роботи БФДС-21 .....	32
4.2 Алгоритм формування дискретних сигналів .....	34
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	36
5.1 Вимоги до приміщень .....	36
5.2 Вимоги до організації місця праці .....	37
5.3 Виробнича санітарія .....	38
5.5 Електробезпека .....	42
5.6 Мікроклімат.....	42

5.7 Освітлення .....	43
5.8 Вентилювання .....	47
5.9 Заходи з організації виробничого середовища та попередження виникнення надзвичайних ситуацій .....	47
Висновки до розділу .....	48
ВИСНОВКИ.....	50
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	52
Додаток А.....	54
Додаток Б.....	55
Додаток В.....	56
Додаток Г.....	58
Додаток Д.....	64

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАК

БФДС-21	—	блок формування дискретних сигналів
АЛС-ЄП	—	автоматична локомотивна сигналізація
МП	—	мікроконтролер STM32F405
МП1	—	мікроконтролер LPC4357
СЛБ-И	—	система локомотивної безпеки
САУТ	—	система автоматичного управління гальмами
ТСКБМ	—	телемеханічна система контролю неспання машиніста
УСАВП	—	уніфікована система автоматизованого ведення поїздів
УФДС	—	вузол формування потенційних дискретних сигналів
УКИ	—	вузол контролю справності
DC/DC	—	вузол живлення
КЛ1, КЛ2	—	два вузла комутації дискретного сигналу
УПО	—	пристрій перетворення і обробки
ВКНТ	—	вузол контролю напруги живлення і температури
БУ	—	блок керування
ДЛ	—	дисплей локомотивний
ДС	—	дискретний сигнал

## ВСТУП

Безпека перевезень та автоматизація процесу руху локомотивів - це основне завдання сучасних залізниць. Одна з систем відповідає за безпеку руху й автоматизації процесу рухом локомотивів - це автоматизована система управління рухом локомотивів. Економічна складова системи управління рухом локомотивів в основному пов'язана зі скороченням витрат на витрати електроенергії, підвищення рівня безпеки руху й на підтримання високого рівня навченості локомотивних бригад.

З моменту появи електрифікованих залізниць стало підніматися питання про автоматизації процесу перевезень, не виключаючи і автоматизацію управління електрорухомим складом. З'являлися в тридцяті роки теоретичні наукові розробки зводили дане питання до автоматичного регулювання, вирішального, як правило, дві основні задачі: підтримка заданої швидкості і прицільне гальмування в потрібній точці. Разом з тим підвищення вимог до рівня автоматизації електрорухомого складу, що має безпосередній вплив не тільки на рівень споживання енергетичних ресурсів, але й на безпеку руху, а також удосконалення і модернізація самих тягових засобів - локомотивів та електропоїздів - змусило розширити комплекс розв'язуваних такими системами завдань. Багаторічний практичний досвід експлуатації тягового рухомого складу довів, що процес управління поїздом - це складна багатофакторна задача, вирішення якої значною мірою покладено на машиніста. По мірі розвитку електроніки стало можливим створення систем, що автоматизують вирішення приватних завдань при веденні поїзда. Функціональні можливості таких систем поступово розширювалися, відповідно збільшувалося і коло розв'язуваних ними питань. Разом з тим лише останнім часом, коли отримала широке поширення мікропроцесорна техніка, з'явилася можливість робити такі системи компактними і надійними. У нашій країні на транспортній розробки із застосуванням мікропроцесорної техніки стали впроваджуватися в 80х роках, коли з'явилися



перші системи керування тяговим приводом. Їх використовували в основному в силових перетворювальних установках для управління безколекторними асинхронними і вентильними тяговими двигунами, інверторами на електровозах змінного струму, а також для діагностики електричних ланцюгів. Всі ці системи, безумовно, мають різні схемні рішення, однак структурна схема у всіх однакова:

- система датчиків;
- пристрій введення;
- мікропроцесорний обчислювач;
- пристрій виведення;
- виконавчі елементи.

Залежно від конкретно поставленого завдання система датчиків повинна забезпечити мікропроцесорний обчислювач всією необхідною інформацією, а виконавчі елементи зобов'язані безперервно передавати керуючий вплив на відповідне тягове обладнання. Потужність обчислювача, його швидкодія, обсяг пам'яті визначені насамперед складністю розв'язуваної проблеми. Умови експлуатації електрорухомого складу висувають досить жорсткі вимоги до його електричного та механічного обладнання. Ці вимоги не обходять стороною і мікропроцесорну техніку: тут необхідні не тільки стійкість до вібрацій і струсів, але і до кліматичних впливів, так як полігон використання вітчизняного тягового рухомого складу простягається від полярного кола до Середньої Азії, включаючи приморські райони з їх вологою атмосферою і континентальні райони Сибіру з різкими перепадами нічних і денних температур. Крім цього, є цілий ряд специфічних вимог до блоків живлення таких систем і до організації їх гальванічної розв'язки від високовольтних ланцюгів локомотива. Одна з найважливіших особливостей мікропроцесорних систем керування тяговим рухомим складом полягає в тому, що такі системи є системами реального часу. Це, в свою чергу, висуває певні вимоги до програмного забезпечення, включаючи і вимоги до його організації. Програмне забезпечення має чітко реагувати на закономірні і випадкові події з наперед обумовленого переліку жорстко задані інтервали часу, вихід за межі яких неприпустимо. Першим видом рухомого

складу, що зазнали обладнання комп'ютеризованими системами управління, стали приміські електропоїзди постійного струму. Програмно-апаратний комплекс управління тягою і гальмуванням отримав найменування УСАВП - система автоматичного ведення приміського електропоїзда. Системи автоведення приміських електропоїздів, поїздів вантажного і пасажирського руху призначені для автоматизованого керування рухомим складом з дотриманням норм безпеки руху у відповідності з заданим часом ходу (або графіком) на основі вибору енергетично раціонального режиму руху. Системи автоведення відносяться до автономних систем автоведення, тобто своє місцезнаходження і необхідні режими руху система визначає самостійно. Системи автоведення полегшують працю машиніста, сприяють підвищенню продуктивності праці, дозволяють економно витратити електроенергію і вести облік її витрати. Підвищується безпека руху за рахунок автоматичного виконання швидкісного режиму руху по сигналам світлофорів з урахуванням постійних і тимчасових обмежень швидкості, а також за рахунок зменшення стомлюваності машиніста. Система контролює правильність роботи функціональних вузлів апаратури, здійснюючи при цьому функцію самодіагностики. Як показує світова практика, перспективним рішенням для підвищення безпеки руху поїздів є застосування сучасних бортових систем безпеки. Тому проектування різних пристроїв для систем локомотивної безпеки є актуальним завданням[1].

Основною метою дипломного проекту є розробка блоку формування дискретних сигналів БФДС-21. Для досягнення поставленої мети в дипломному проекті були поставлені, розглянуті та вирішені наступні завдання:

- аналіз технічних характеристик БФДС-21;
- проектування структури БФДС-21;
- розробка БФДС-21.

# 1 АНАЛІЗ ЗАДАЧІ

## 1.1 Система локомотивної безпеки

Сучасна бортова система для підвищення безпеки, автоматизації управління функціями безпеки локомотивів і моторвагонного рухомого складу.

Може застосовуватися:

- на залізницях, в тому числі на швидкісних і високошвидкісних участках з автономної і електричною тягою постійного і змінного струму, обладнаних пристроями автоматичної локомотивної сигналізації (АЛС), багатозначною автоматичної локомотивної сигналізації (АЛС-ЄП);
- на ділянках залізниць, обладнаних системою координатного регулювання руху поїздів на базі цифрового радіоканалу.

Основні функції:

- визначення швидкості і координат локомотива за інформацією від пристроїв супутникової навігації і датчиків шляху і швидкості;
- формування значення допустимої швидкості руху з використанням сигналів АЛС, АЛС-ЄП, радіоканалу, даних електронної карти;
- індикація необхідної інформації для машиніста і його помічника;
- забезпечення гальмування при перевищенні фактичної швидкості над допустимою швидкістю;
- виключення проїзду світлофорів із заборонними сигналами;
- виключення несанкціонованого руху локомотива (скочування);
- службове гальмування через приставку крана машиніста по команді, переданої по цифровому радіоканалу;
- контроль пильності машиніста;
- запис на знімну касету реєстрації параметрів руху локомотива;
- взаємодія з іншими бортовими системами локомотива за допомогою цифрових інтерфейсів (CAN, MVB, RS-485) [2, ст. 31-33].

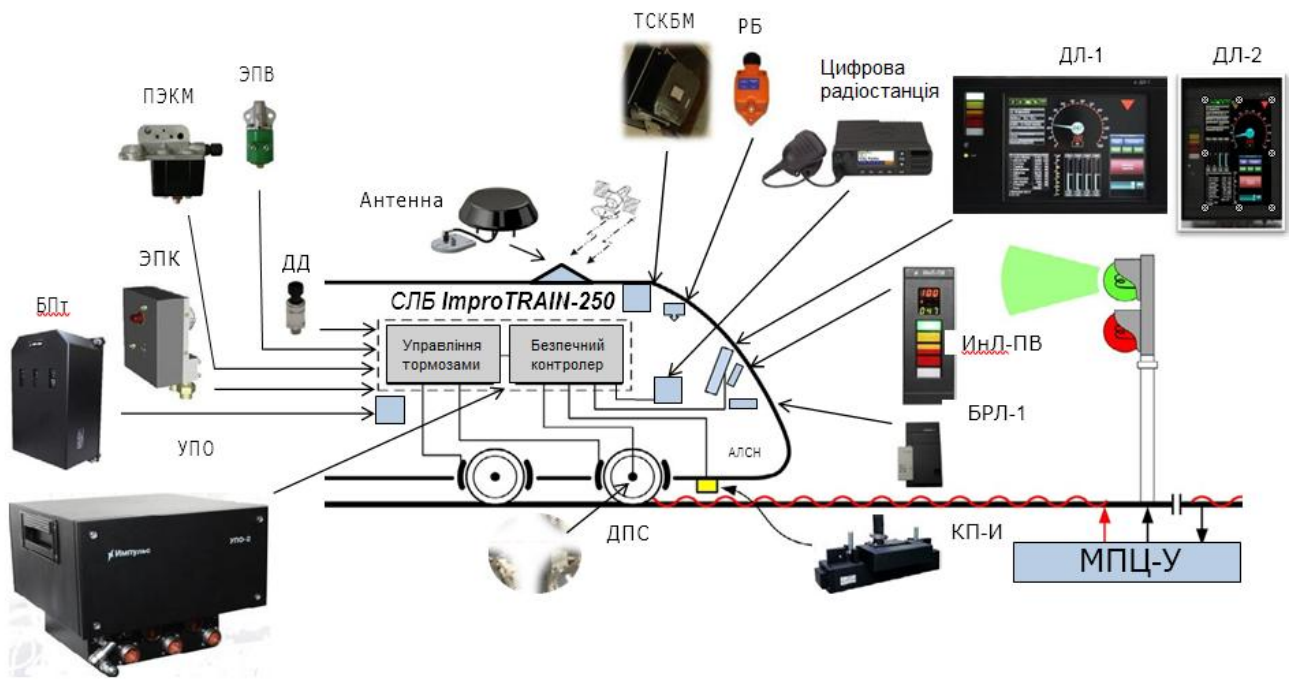


Рисунок 1.1 - Склад системи локомотивної безпеки

## 1.2 Аналіз аналогів

При аналізі нинішніх представників БФДС-21, найближчим аналогом є блок БКР-У-1М. Блок БКР-У-1М входить до складу комплексного локомотивного пристрою безпеки уніфікованого КЛУБ-У [3].

Пристрій КЛУБ-У почав встановлюватися на всі види локомотивів у 2000 році. Призначений для забезпечення безпеки руху, попередження аварійних ситуацій завдяки застосуванню примусового гальмування або зупинки поїзда. В КЛУБ-У передбачено взаємодію з локальної мережі з системами САУТ, ТСКБМ, УСАВП, а по радіоканалу з системою інтервального регулювання руху поїздів[4].

Блок комутації і реєстрації БКР-У-1М підключається до локомотивного блоку електроніки і призначений для здійснення всіх зв'язків пристрою з периферійними пристроями, для включення живлення пристрою, а також для їх перемикання при зміні кабіни управління локомотивом.

Блок БКР-У-1М містить логічний модуль формування даних про стан ланцюгів управління локомотивом[5].

Блок призначений для:

- прийому аналогових сигналів від датчиків тиску в гальмовому циліндрі і в гальмівній магістралі;
- прийому дискретних цифрових сигналів включення тифона «Tf»;
- реєстрації перемикання тумблера «ТЯГА»;
- проведення попередньої обробки зібраної інформації з послідовною передачею по CAN-інтерфейсу іншим пристроям;
- подачі живлення на блоки і пристрої системи СЕРВІС-УП;
- комутації ланцюгів системи контролю КЛУБ-УП і ланцюгів живлення електропневмоклапанів відповідно до обраної кабіні;
- комутації ланцюгів приймальних котушок відповідно обраного напрямління руху;
- комутації силового ланцюга «ТЯГА» відповідно станом електропневмоклапана контактів, а також положення тумблера «ТЯГА»[6, ст.5].

Недоліками цього пристрою є застаріла елементна база і недостатність сигнальних показань для оперативного прийняття рішень, відсутність належної гнучкості у виборі оптимального швидкісного режиму, складність алгоритмів обробки сигналів вимірювання і недостатня точність визначення координати локомотива і його швидкості. Це веде до зниження надійності управління інтервальним регулюванням і безпекою руху поїздів на залізничній магістралі.

### **1.3 Технічне завдання**

Метою даного проекту є розробка блоку формування дискретних сигналів БФДС-21. Розбираючи цю тему, треба сформулювати загальну концепцію, розглянути основні функції і вузли БФДС-21.

#### **1.3.1 Загальна концепція**

Метою проекту є розробка блоку формування дискретних сигналів БФДС-

21, який призначений для роботи в складі пристроїв перетворення і обробки УПО-1 і УПО-2, що функціонують на мікроконтролерах STM32F405 і LPC4357. УПО-1 і УПО-2 є частиною системи локомотивної безпеки СЛБ-І.

### **1.3.2 Вимоги до основних характеристик і складу БФДС-21**

Основні функції БФДС-21:

- у складі ППО СЛБ-І БФДС-21 повинен виконувати прийом даних від трьох блоків управління і від дисплея локомотивного ДЛ-1 або ДЛ-2, обробляти і видавати дані по двом CAN-магістралях.
- перетворення вхідної напруги 24 V в напругу електроживлення мікросхем 3,3 V;
- формування десяти дискретних потенційних сигналів ( «ЭПК №1», «ЭПК №2», «ЭПВ №1», «ЭПВ №2», «ЭПВ №3», «ПКМ ТВ1», «ПКМ ТВ2», «ПКМ ОВ1», «ПКМ ОВ2», «ПКМ ОВ3»);
- формування 10 дискретних сигналів типу «сухий контакт», ( «0 km/h», « $\geq 2$  km/h», « $\geq 10$  km/h», « $\geq 20$  km/h», « $\geq 40$  km/h», « $\geq 60$  km/h», «Тяга», «Резерв 1», «Резерв 2», «Резерв 3»);
- контроль напруги електроживлення 3,3 V, 50 V і температури БФДС-21;
- обмін даними з блоками і пристроями СЛБ-І по двом інтерфейсам CAN зі швидкістю 120 Kbit/s;
- обмін даними між мікроконтролерами STM32F405 і LPC4357 по каналу UART зі швидкістю 230 Kbit/s;
- діагностику БФДС-21;
- формування на індикаторі «ИСПР» ознаки справності БФДС-21.

### **1.3.3 Вимоги до структури і вузлів БФДС-21**

Для реалізації необхідних функцій БФДС-21 повинен складатися з таких основних вузлів:

- два мікроконтролерні вузла, кожен з яких містить мікроконтролер з відповідними схемами початкового завантаження і тактування;
- два вузли CAN-інтерфейсу;
- вузли формування потенційних дискретних сигналів і сигналів «сухий контакт» в загальній кількості 20 шт., Кожен вузол яких повинен містити вузли:
  - а) два вузла комутації дискретного сигналу, керовані МП і МП1 відповідно;
  - б) вузол контролю справності ключів, керований вузлами МП, МП1;
- вузол живлення, який призначений для перетворення вхідної напруги 24 V в напругу 3,3 V для живлення внутрішніх ланцюгів БФДС-21;
- вузол контролю напруги живлення і температури;
- вузол індикації.

Вимоги до вузлів:

- а) Вузли мікроконтролерів МП і МП1.

Вузли мікроконтролерів МП і МП1 повинні бути реалізовані на основі двох мікроконтролерів STM32F405ZGT6 фірми ST Microelectronics і LPC4357JET256E фірми NXP Semiconductors.

Програма функціонування кожного мікроконтролера повинна зберігатися у внутрішній Flash пам'яті.

Обмін даними між мікроконтролерами БФДС-21 повинен здійснюватися по каналу UART.

- б) Вузли CAN-інтерфейсу.

БФДС-21 повинен забезпечувати обмін даними з трьома БУ по магістралях CAN1 і CAN2. Для реалізації CAN-інтерфейсу в БФДС-21 необхідно застосувати вбудовані в мікроконтролери STM32F405ZGT7 і LPC4357JET256E CAN контролери, а в якості драйверів фізичного рівня необхідно застосувати мікросхеми T1F1052iT/5 фірми NXP Semiconductors.

Дані, що надходять по магістралі CAN1, повинні надходити в

мікроконтролер STM32F405ZGT7 і транслюватися по каналу UART в мікроконтролер LPC4357JET256E. Дані, що надходять по магістралі CAN2, повинні поступати в мікроконтролер LPC4357JET256E і транслюватися по каналу UART в мікроконтролер STM32F405ZGT7.

Швидкість обміну по магістралях CAN повинна складати 120 kbit/s.

Для здійснення гальванічної розв'язки кожен CAN вузол повинен містити DC/DC перетворювач ML103S-05EI Micro Power Direct.

в) Вузли формування дискретних сигналів «сухий контакт» - сигнали перевищення швидкості ( « $\geq 2$  km/h», « $\geq 10$  km/h», « $\geq 20$  km/h», « $\geq 40$  km/h», « $\geq 60$  km/h »- 5 сигналів), сигнал нульової швидкості (« 0 km/h »), сигнал управління розбором тяги (« Тяга »), резервні сигнали (« Резерв 1 », « Резерв 2 », « Резерв 3 ») .

г) Вузли формування групи дискретних потенційних сигналів: сигнали управління обмотками ЕПК №1, ЕПК №2, ЕПШ №1, ЕПШ №2, ЕПШ №3, ПКМ ТВ1, ПКМ ТВ2, ПКМ ОВ1, ПКМ ОВ2, ПКМ ОВ3.

д) Вузол живлення повинен включати перетворювач напруги живлення RP08-243.3SAW Resom, яка формує з вхідної напруги 24 V напруги-ня 3,3 V потужністю 8 W.

е) Вузол контролю напруги живлення і температури повинен здійснювати контроль напруги живлення 3,3 V, 50 V і температури БФДС-21. Для виміру напруги 50 V необхідно використовувати мікросхему АЦП AD7817 Analog Devices. Мікросхема АЦП AD7817 має підключатися до вузла мікроконтролера STM32F405ZGT7 через мікросхеми гальванічної розв'язки ADuM1200AR і ADuM3401AR фірми Analog Devices. Вимірювання напруги 3,3 V має здійснюватися вбудованими АЦП мікроконтролерів.

### **1.3.4 Вимоги до конструкції БФДС-21**

Конструктивно БФДС-21 повинен бути виконаний у вигляді двох 4-шарових друкованих плат.



## 2 АНАЛІЗ АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ БФДС-21

В ході виконання дипломного проекту розглядаються принципи роботи мікроконтролерів, їх основна периферія, організація передачі даних з їх використанням, керування іншими пристроями для вимірювання зовнішніх показників, налаштування відображення інформації, отриманої від зовнішніх пристроїв. Основні пункти які важливі при розробці даного проекту:

1. загальна інформація, яка необхідна для початку роботи з БФДС-21;
2. опис архітектури ARM і 32-розрядний мікроконтролер STM;
3. основні параметри мікроконтролерів;
4. основні параметри перетворювачів напруги;
5. послідовні інтерфейси.

### 2.1 32-розрядна архітектура ARM

Процесори ARM є ключовим компонентом для великої кількості успішних 32-бітних систем, що вбудовуються. Процесори ARM широко використовуються в мобільних телефонах, планшетах та інших портативних пристроях. ARM засновані на RISC-архітектурі, що дозволяє зменшити споживання енергії процесором і, таким чином, робить їх ідеальним вибором для вбудованих систем.

Хоча ARM засновані на RISC-архітектурі, вони не повністю повторюють принципи побудови таких систем. Для того, щоб зробити ARM більш пристосованими до використання у вбудованих системах, довелося піти на такі відхилення від принципів RISC:

а) Змінна кількість циклів для виконання простих інструкцій. Прості інструкції ARM можуть зажадати на виконання більше одного циклу. Наприклад, виконання інструкцій Load і Save залежить від кількості регістрів, які їм передані.

б) Можливість з'єднувати команди зсуву та обертання з командами обробки інформації.

в) Умовне виконання – інструкція виконується тільки в тому випадку, якщо виконується конкретна умова. Це збільшує продуктивність і дозволяє позбутися від операторів розгалуження.

г) Поліпшені інструкції – процесори ARM підтримують поліпшені DSP-інструкції для операцій з цифровими сигналами.

Програміст може розглядати ядро ARM як набір функціональних блоків – ALU, MMU і ін., – сполучених шиною даних. Дані поступають в процесор через шину даних. Декодер інструкцій обробляє інструкції перед їх виконанням. ARM можуть працювати тільки з даними, які записані в регістрах, тому перед виконанням інструкцій у регістри записуються дані для їх виконання. ALU зчитує дані з регістрів, виконує необхідні операції і записує результат назад в регістр, звідки його можна записати у зовнішню пам'ять.

Процесори ARM містять до 18 регістрів: 16 регістрів даних і 2 регістра процесів. Всі регістри містять 32 біта і іменуються від R0 до R15. Регістри R13, R14, R15 використовуються для виконання певних специфічних завдань:

- R13 використовується в якості вказівника стека;
- R14 використовується як зв'язуючий регістр;
- R15 грає роль лічильника.

Залежно від контексту ці регістри можуть використовуватися як регістри загального призначення. Також є два програмних регістра, які називаються CPSR (Current Program Status Register) і SPSR (Saved Program Status Register), які використовуються для збереження стану процесора і програми.

Одними з останніх процесорів для вбудованих систем, є процесори, засновані на архітектурі ARM Cortex-M4. Ці процесори призначені для використання в цифровій обробці сигналів (Digital Signal Processing, DSP). У загальному вигляді мікроконтролери, засновані на базі ARM Cortex-M4 мають наступні внутрішні модулі, малюнок: Мікроконтролер, встановлений на розглянутої платі, STM32F405VG, в якості основи використовують саме рішення ARM Cortex-M4, рис. 2.1.

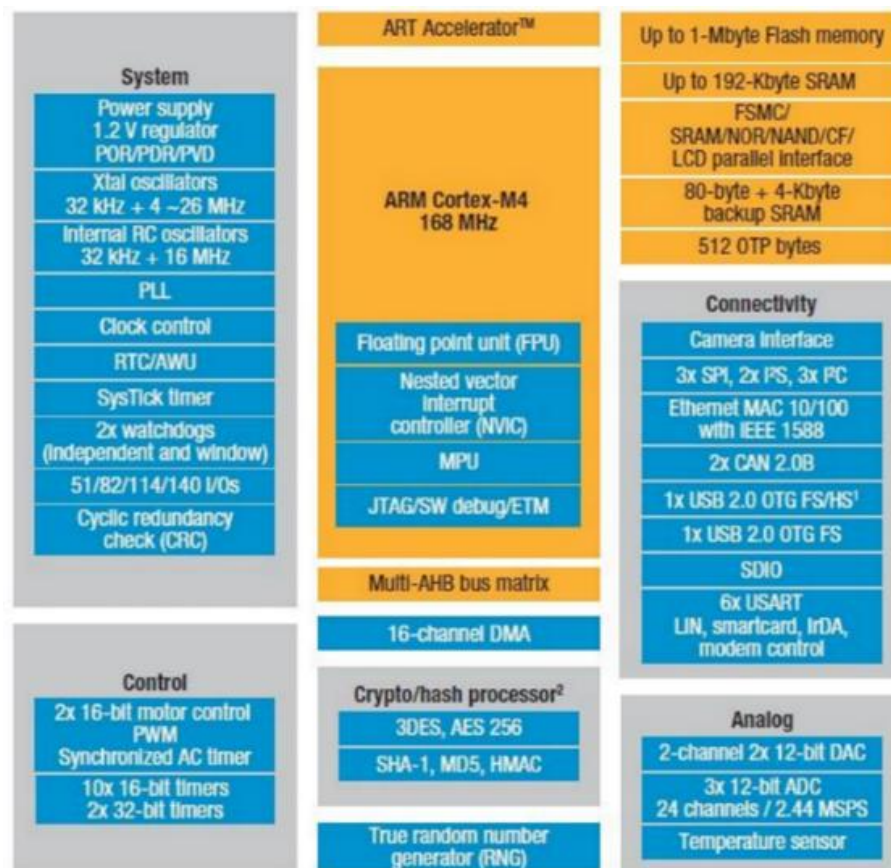


Рисунок 2.1 – Вбудовані модулі ARM Cortex-M4

На рис. 3 видно, що даний процесор володіє багатою периферією і може використовуватися для вирішення багатьох практичних завдань різної спрямованості.[7, ст. 5]

## 2.2 Сімейство мікроконтролерів STM32

Сімейство мікроконтролерів STM32 побудовано з використанням 32-розрядного ядра Cortex різних версій (в мікроконтролері, встановленому на платі використовується ядро Cortex-M4). Деякі основні характеристики ядра мікроконтролерів STM32, табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Основні характеристики ядра мікроконтролерів STM32

Характеристика	Значення
Ширина слів для даних, розряд	32

Продовження таблиці 2.1

Архітектура	Гарвардська
Конвеєр	3-ступінчастий
Набір інструкцій	RISC
Організація пам'яті програм, розряд	32
Буфер вибірки, розряд	2x64
Середній розмір інструкції, байт	2
Затримка реагування на переривання	12 циклів
Режими управління енергоспоживанням	Сон, сон по виходу, глибокий сон
Текстовий інтерфейс	ST-LINK, JTAG

Мікроконтролери даного типу побудовані на гарвардській архітектурі і мають 3-ступінчастий конвеєр, який мінімізує час виконання команд. Вони розроблені для побудови систем з максимальною енергоефективністю і мають кілька режимів управління енергоспоживанням. В них використовуються внутрішні інтерфейси пам'яті шириною більше, ніж середня довжина інструкції. Це мінімізує кількість доступів до шини пам'яті, а, отже, і споживання електроенергії, пов'язане з операціями по шині і читанням енергонезалежній пам'яті. Технологія безперервної обробки переривань за винятком внутрішніх операцій над стеком (tail chaining) скорочує час реакції на переривання і виключає зайві операції зі стеком.

На рис.2.2 представлено спрощене уявлення цифрового периферійного пристрою. Периферійний вузол може бути розділений на два головних блоки. Перший блок – це ядро, яке містить кінцеві автомати, лічильники і будь-який вид комбінаторної або послідовної логіки. Воно призначене для виконання завдань, що не вимагають участі процесора, таких як прості завдання передачі даних, керування аналоговими входами або виконання функцій, прив'язаних до синхросигналу. Ядро периферійного вузла зв'язується із зовнішнім світом через порти вводу/виводу МК. Зовнішні з'єднання можуть складатися з декількох сигналів або складних шин. Другий блок – настройка і управління периферією, які здійснюються додатком через регістри, з'єднані з внутрішньою шиною, яку поділяє з іншими ресурсами МК[8, ст. 35].

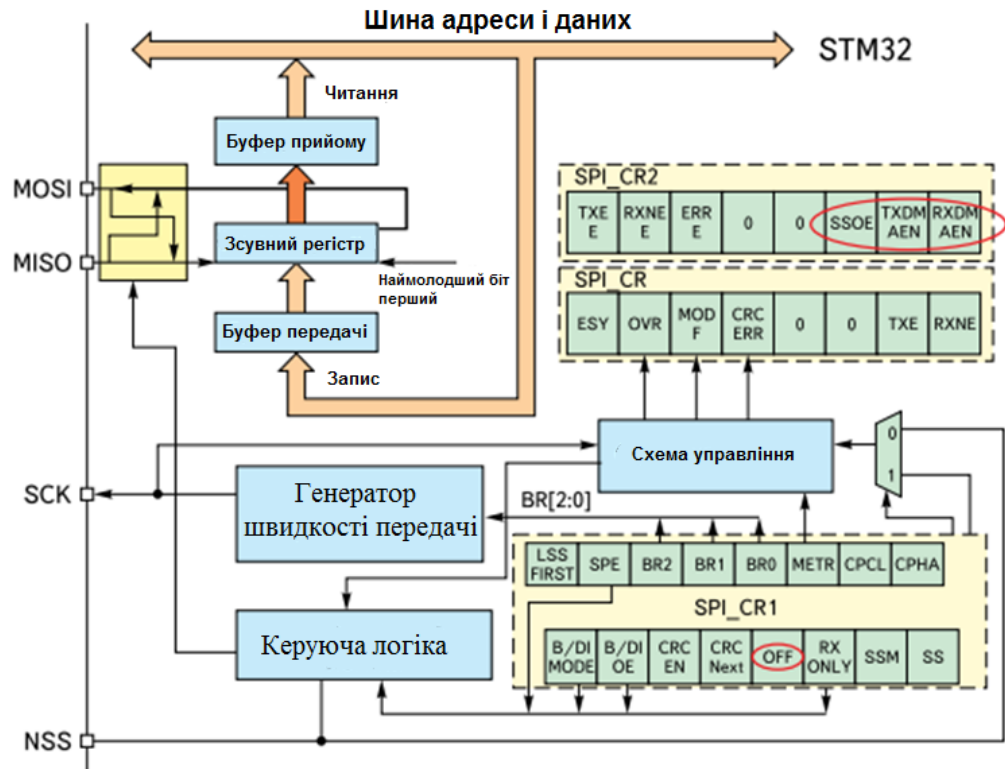


Рисунок 2.2 – Подання цифрового периферійного пристрою

## 2.3 Мікроконтролер

Мікроконтролер - пристрій, зазвичай який вміщується в одну мікросхему (кристал) і виконує специфічні завдання. Використання однієї мікросхеми дозволяє зменшити обсяг обладнання, знизити витрати енергії, зменшити вартість пристроїв, а також розробити універсальний технологічний процес їх виробництва.

Мікроконтролер може мати як фіксовану логіку (тобто, логіку, яку не можна поміняти на всій протяжності функціонування мікроконтролера), так і функціональну логіку (від програмованих інтегральних схем на базі логічних елементів (встановлення зв'язків між елементами) до спрощеного варіанту процесора).

Приблизний список пристроїв, які може бути присутнім в мікроконтролерах:

- Інтерфейси введення-виводу, такі як UART, I2C, SPI, CAN.
- АЦП, ЦАП.

- Компаратори.
- Широтно-імпульсні модулятори.
- Таймери.

Крім іншого мікроконтролер зазвичай забезпечений постійною пам'яттю з кодом і оперативною пам'яттю. Програмовані мікроконтролери містять програмний код. У потужних мікроконтролерах можна виявити ОС реального часу.

Можна виділити два широкі сімейства мікроконтролерів.

- Intel 8051 та їх аналоги
- ARM

В даному проекті розглянуто два мікроконтролери STM32F405ZGT6 і LPC4357JET256E.

Основні параметри мікроконтролерів STM32F405ZGT6 фірми ST Microelectronics[10] і LPC4357JET256E фірми NXP Semiconductors[11], табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Основні параметри мікроконтролерів

<b>Основні параметри</b>	<b>STM32F405ZGT7</b>	<b>LPC4357JET256E</b>
Процесорне ядро	ARM 32-bit Cortex™-M4	ARM 32-bit Cortex™-M4
Максимальна частота ядра	168 MHz	204 MHz
Об'єм flash-пам'яті	1 MBytes	1 MBytes
Об'єм системної RAM	192 kBytes	136 kBytes
Число каналів CAN-інтерфейсу	2	2
Наявність додаткових інтерфейсів	SPI, UART, USART	SPI, UART, USART
Кількість портів входу/виходу	114	164
Тип корпусу	LQFP144	LBGA256
Діапазон робочих температур	От – 40 °С до + 105 °С	От – 40 °С до + 105 °С

## 2.4 CAN- інтерфейс

CAN (Controller Area Network) - це послідовний протокол зв'язку з ефективною підтримкою розподілу контролю в реальному часі і дуже високим рівнем безпеки.

Основне призначення: організація передачі інформації в складних умовах, таких як середовища з високим рівнем різного роду перешкод. Цей протокол передачі застосовується в автомобільній електроніці, машинних пристроях управління, датчиках при передачі інформації зі швидкостями до 1 Мбіт/сек.

Протокол CAN можна розділити на наступні рівні:

- об'єктний рівень;
- канальний рівень;
- фізичний рівень.

Об'єктний і канальний рівні включають весь сервіс і функції передачі даних визначаються ISO / OSI моделлю. Область об'єктного рівня включає:

- пошук повідомлень для передачі;
- фільтрація повідомлень, отриманих від канального рівня;
- забезпечення зв'язку між прикладним рівнем і апаратними засобами.
- Об'єктний рівень можна реалізовувати різними способами.

Область канального рівня головним чином - протокол передачі, тобто управління кадрами, виконання арбітражу, перевірка і сигналізація помилок, типізація помилок. У середині канального рівня вирішується, чи є шина вільна для початку нової передачі. Все що знаходиться всередині канального рівня, не має ніякої свободи до модифікації.

Область фізичного рівня - фактична передача біт між різними вузлами. У середині однієї мережі фізичний рівень повинен бути однаковий для всіх вузлів. Фізичний рівень можна реалізувати різними способами[12].

## 2.5 DC/DC перетворювач

DC/DC перетворювач перетворює вхідну напругу постійного струму в

вихідну напругу постійного струму іншої величини. Такі перетворювачі можуть бути ізольованими (з гальванічною розв'язкою входу і виходу) і неізольованими (без гальванічної розв'язки).

Принцип роботи DC/DC перетворювача закладений в самій назві. Постійна напруга перетворюється в змінну. Після цього відбувається його підвищення або зниження з наступним випрямленням і подачею на пристрій.

Види DC/DC перетворювачів:

- Перетворювачі які знижують постійну напругу.

Напруга на виході у даних перетворювачів нижче, ніж на вході. Наприклад, при напрузі на вході 12-50 з допомогою таких DC/DC перетворювачів на виході можна отримати напругу в декілька вольт.

- Перетворювачі які підвищують постійну напругу.

Напруга на виході у даних перетворювачів вище, ніж на вході. Наприклад, при напрузі на вході 5 В на виході можна очікувати напругу до 30 В.

Також перетворювачі напруги розрізняються по конструктивному виконанню. Вони можуть бути:

- Модульні.

Це найбільш поширений вид DC/DC конвертер, який включає в себе величезну кількість самих різних моделей. Перетворювач поміщений в металевий або пластиковий корпус, що виключає доступ до внутрішніх елементів.

- Для монтажу на друковану плату.

Перетворювачі призначені саме для монтажу на друковану плату. Вони відрізняються від модульних тим, що у них відсутній корпус.

Експлуатаційні параметри:

- Діапазон вхідної напруги передбачає такі параметри напруги на вході, при яких перетворювач буде працювати в нормальному режимі у відповідності зі своїми заявленими функціональними можливостями.
- Діапазон вихідної напруги включає в себе параметри, які здатний видати DC-DC конвертер на виході при нормальному режимі роботи.



- Коефіцієнт корисної дії (ККД) являє собою відношення значень потужності на вході і виході. ККД залежить від ряду умов, але найбільш високий ККД досягається при максимально допустимому навантаженні. Чим більше різниця між напругою на вході і виході, тим нижче ККД.
- Обмеження по вихідному струму. Дана захист є у більшості сучасних моделей стабілізаторів. Діє наступним чином: як тільки вихідний струм досягає заданого значення, вхідна напруга падає. Після того як значення вихідного струму входить в припустимий діапазон, подача напруги поновлюється[13].

В даному проекті розглянуто DC/DC перетворювач ML103S-05EI Micro Power Direct. Основні характеристики ML103S-05EI [14]:

- номінальна вхідна напруга – 3,3V;
- діапазон вхідної напруги – 2,97 V - 3,63V;
- вхідний струм (повне навантаження) – 415 mA;
- вхідний струм (без навантаження) – 25 mA;
- вихідна напруга – 5 V;
- вихідний струм (max) – 303 mA;
- вихідний струм (min) – 30 mA;
- ефективність – 78%.

Розглянуто DC/DC перетворювач RP08 243.3 SAW Recom[15]:

- номінальна вхідна напруга – 24V;
- діапазон вхідної напруги – 9 V - 36V;
- вихідна потужність – 8 W;
- вихідний струм – 2400 mA;
- вхідний струм – 388 mA;
- вихідна напруга – 3.3 V;
- вихідний струм (max) – 303 mA;
- вихідний струм (min) – 30 mA;
- ефективність – 85%.

## 2.6 UART інтерфейс

UART означає універсальний асинхронний-приймач/передавач. Це не комунікаційний протокол, такий як SPI і I2C, а фізична схема в мікроконтролері. Основною метою є передача і отримання інформації. Одне з кращих досягнень технології полягає в тому, що він використовує лише два дроти [16].

Кожен біт кожного байта передається в рівний відведений проміжок часу (фактично, тайм-слот). Стандартним розміром даних в посилці є 8 байт, але крім даних кожен пакет несе і службову інформацію, а саме:

- 1 стартовий біт;
- 2 стоповий біт;
- 3 біт парності;

Переваги UART-інтерфейсу:

- використовується тільки два дроти;
- немає сигналу синхронізації;
- має біт парності для перевірки помилок;
- структура пакета даних може бути змінена, якщо для неї налаштовані обидві сторони;
- добре документований і широко використовуваний метод;

Недоліки UART-інтерфейсу:

- Розмір кадру даних обмежений максимумом в 9 біт.
- Не підтримує декількох підлеглих або декількох майстер-систем[17].

## 2.7 SPI інтерфейс

SPI - Serial Peripheral Interface або «Послідовний периферійний інтерфейс» - це синхронний протокол передачі даних для сполучення провідного пристрою (Master) з периферійними пристроями (Slave). Провідним пристроєм часто є мікроконтролер. Зв'язок між пристроями здійснюється по чотирьом дротам. Шини SPI, табл.2.3:

Таблиця 2.3 – Шини SPI

Найменування	Призначення шини SPI
MOSI (Master Out Slave In)	лінія передачі даних від провідного до відомого пристрою;
MISO (Master In Slave Out)	лінія передачі від відомого до провідного пристрою;
SCLK (Serial Clock)	тактові імпульси синхронізації, які генеруються провідним пристроєм;
SS (Slave Select)	лінія вибору відомого пристрою; коли на лінії логічний "0", провідний пристрій «розуміє», що зараз звертаються до нього.

Існує чотири режими передачі даних (SPI\_MODE0, SPI\_MODE1, SPI\_MODE2, SPI\_MODE3), обумовлені поєднанням полярності тактових імпульсів (працюємо за рівнем HIGH або LOW), Clock Polarity, CPOL, і фазою тактових імпульсів (синхронізація по передньому або задньому фронту тактового імпульсу), Clock Phase, CPHA.

Таблиця 2.4 – Режими передачі даних

Режим	Полярність тактових імпульсів (CPOL)	Фаза тактових імпульсів (CPHA)
SPI_MODE0	0	0
SPI_MODE1	0	1
SPI_MODE2	1	0
SPI_MODE3	1	1

Рис. 2.3 пояснює дану таблицю.

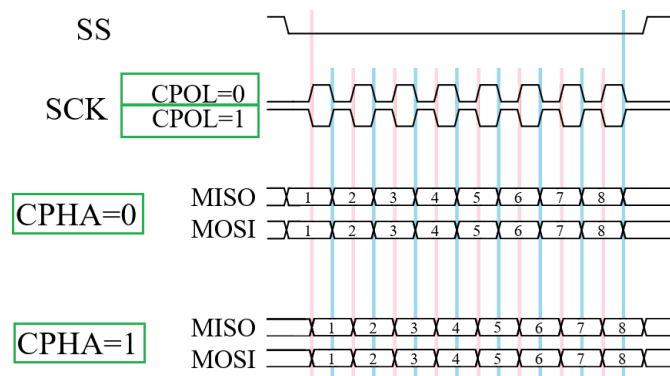


Рисунок 2.3 – Чотири режиму роботи інтерфейсу SPI

Інтерфейс SPI передбачає кілька варіантів підключення відомих пристроїв: незалежне і каскадне. При незалежному підключенні до шини SPI провідний пристрій звертається до кожного відомого пристрою індивідуально. При каскадному підключенні провідні пристрої спрацьовують по черзі, як би каскадом, рис. 2.4[18].

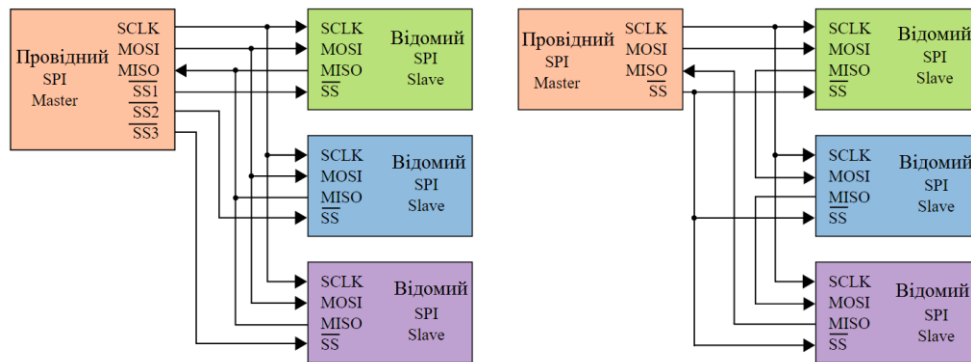


Рисунок 2.4 – Види підключення пристроїв для роботи по інтерфейсу SPI: незалежне і каскадне

Приклад підключення в даній роботі по шині SPI показано на рис.2.5. Однотичні висновки з'єднуються між собою. Присутні два канали передачі даних (MOSI та MISO) один канал для подачі тактових імпульсів (SCLK), а також лінія включення провідного пристрою (SS). Відмий стане активним при подачі низького рівня по лінії SS[19].

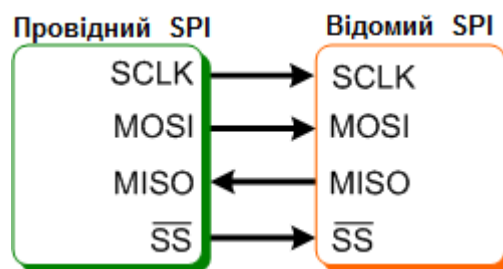


Рисунок 2.5 – Приклад підключення по шині SPI

### 3 ОГЛЯД ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Для етапів проектування використовується цілий різновид програмного забезпечення, серед них основними є:

- складання переліку елементів (IT-Enterprise);
- розробка друкованої плати (P-CAD 2004);
- розробка макетного зразка (AutoCAD 2004);
- розробка програмного забезпечення (IAR Workbench).

#### 3.1 Призначення IT-Enterprise

Система IT-Enterprise акумулює досвід успішних впроваджень на підприємствах різного профілю. Функціональна повнота системи, гнучкість настройки і адаптації дозволяють отримати індивідуальне рішення для кожного підприємства в максимальному ступені враховує особливості його організації та діяльності.

На стадії розробки переліку елементів кожного виробу використовується програмне середовище IT-Enterprise. На початковій стадії розробки переліку в базу ІТ вносяться використовувані радіоелементи.

Далі в електронному вигляді складається спеціалізація, що включає в себе позиційні позначення, найменування, кількість та примітки по кожному з елементів.

Підсумком створення переліку є документ електронного формату у вигляді файлу з розширенням pdf з наявністю всієї елементної бази розробленого виробу. Дані документа передаються в системі ІТ в архів.

Так само в даному середовищі створюються інші документи, необхідні для розробки і експлуатації виробу (керівництво по експлуатації, схеми електричні принципові, інструкції по налаштуванню і т.д).

### **3.2 Призначення P-CAD**

P-CAD - система автоматизованого проектування електроніки (EDA) розробки компанії Personal CAD Systems Inc. Призначено для проектування багатошарових Друкований плат обчислювальних и радіоелектронних пристроїв.

До складу P-CAD входять два основних модуля - P-CAD Schematic (графічний редактор принципова електричних схем) и P-CAD PCB (графічний редактор друкований плат), а також ряд других допоміжних програм.

Використовується для розробки друкованих плат для виробів (розміщення радіоелементів і трасування ланцюгів).

Після розробки схем електричних принципових і переліку елементів, вноситься елементна база в бібліотеку компонентів P-CAD.

Виконується розміщення елементної бази, трасування друкованих провідників згідно с розроблюваної схеми електричної принципової.

Також в цьому середовищі створюються маркувальні шари на верхньому та нижньому шарах друкованої плати.

Підсумкова документація служить для виготовлення друкованої плати.

### **3.3 Призначення AutoCAD**

AutoCAD - дво- і тривимірна система автоматизованого проектування і креслення, розроблена компанією Autodesk. Перша версія системи була випущена в 1982 році. AutoCAD і спеціалізовані додатки на його основі знайшли широке застосування в машинобудуванні, будівництві, архітектурі та інших галузях промисловості. Система випускається на 18 мовах. Рівень локалізації варіює від повної адаптації до перекладу тільки довідкової документації.

В даній системі будуються схеми виробів згідно з вимогами до розробляємих конструкцій (каркасів, шкафів, панелів), встановлених габаритних розмірів конструкції.

По результатам розроблюваних схем виконується виготовлення виробів.

### 3.4 Призначення IAR Workbench

IAR Workbench — інтегроване середовище розробки (IDE) випущене фірмою IAR Systems. Містить у собі зручний інтерфейс, оптимізовану CLIB/DLIB бібліотеку, підтримує різноманітні RTOS (Micrium uC/OS-II, OSEC ORTI), а також JTAG- адаптери різних фірм (OLIMEX, Phyton, ASHLING). IAR Embedded Workbench підтримує широкий спектр 8-, 16-, 32- розрядних мікроконтролерів — ARM, Actel, Infineon, NEC, Cypress, Atmel, Micronas, Analog Devices, ZiLOG, Microchip, Luminary Micro, Maxim, OKI, NXP, Samsung, STMicroelectronics, Texas Instruments, Renesas, Freescale Semiconductor, SiLabs і т.д. Кожній платформі відповідає своє середовище, наприклад платформі ARM відповідає IAR Embedded Workbench for ARM, платформі 8051 - IAR Embedded Workbench for 8051. В комплект IAR Embedded Workbench входять: C/C++ компілятор, транслятор мови асемблера, компоновальник, підпрограми для роботи з бібліотеками, редактор, менеджер проектів, C-SPY відладчик.

## 4 РОЗРОБКА БФДС-21

### 4.1 Опис роботи БФДС-21

БФДС-21 забезпечує обмін даними з трьома БУ по магістралях CAN1 і CAN2. Для реалізації CAN-інтерфейс БФДС-21 застосовує вбудовані в мікроконтролери STM32F405ZGT7 і LPC4357JET256E CAN контролери. Структурна схема БФДС-21 наведена в додатку А.

Дані, що надходять по магістралі CAN1, надходять у мікроконтролер STM32F405ZGT7 і транслюються по каналу UART в мікроконтролер LPC4357JET256E. Дані, що надходять по магістралі CAN2, надходять у мікроконтролер LPC4357JET256E і транслюються по каналу UART в мікроконтролер STM32F405ZGT7. Швидкість обміну по магістралях CAN складає 120 kbit/s. Вузли CAN-інтерфейсу містять схеми фільтрації від наносекундних, мікросекундних перешкод.

Для здійснення гальванічної розв'язки кожен CAN вузол містить DC/DC перетворювач ML103S-05EI Micro Power Direct.

Вузли формування дискретних сигналів «сухий контакт» – сигнали перевищення швидкості (« $\geq 2$  km/h», « $\geq 10$  km/h», « $\geq 20$  km/h», « $\geq 40$  km/h», « $\geq 60$  km/h» – 5 сигналів), сигнал нульової швидкості («0 km/h»), сигнал управління розбором тяги («Тяга»), резервні сигнали («Резерв 1», «Резерв 2», «Резерв 3»).

Схема для кожного з даних вузлів і перелік основних елементів наведено в додатку Б.

Вузли формування групи дискретних потенційних сигналів: сигнали управління обмотками «ЭПК №1», «ЭПК №2», «ЭПВ №1», «ЭПВ №2», «ЭПВ №3», «ПКМ ТВ1», «ПКМ ТВ2», «ПКМ ОВ1», «ПКМ ОВ2», «ПКМ ОВ3».

Схема для кожного з даних вузлів і перелік основних елементів наведено в додатку В.

Вузол живлення включає перетворювач напруги живлення RP08 243.3 SAW



Resom, формує з вхідної напруги 24 V напругу 3,3 V потужністю 8 W.

Вузол контролю напруги живлення і температури здійснює контроль напруги живлення 3,3 V, 50 V і температури БФДС-21. Вузол індикації виконаний у вигляді двоколірного одиничного індикатора і має назву «ИСПР». Індикація червоним кольором проводиться в наступних випадках:

- при виявленні несправності БФДС-21 вбудованими засобами діагностики (помилки мікроконтролера, каналу UART, магістралі CAN, будь-якого з вузлів формування вихідних сигналів і т. д.);
- розбіжність даних від двох БУ (третій БУ в несправному стані) або прийомі повідомлень з помилками протягом 3 циклів поспіль.

В інших випадках індикатор «ИСПР» випромінює світіння зеленого кольору.

БФДС-21 забезпечує обмін даними з БУ СЛБ-І по двох магістралях: CAN1, CAN2. Кожен з двох мікроконтролерів БФДС-21 виконує обмін даними за своєю CAN магістралі. При відсутності обміну за своєю магістралі мікроконтролер використовує дані з другої CAN магістралі, що поступають по каналу UART від другого мікроконтролера. Швидкість обміну по каналу UART складає 3,6 Mbit/s.

Для передачі даних по CAN магістралях використовується стандартний формат CAN повідомлень, представлений на рис.4.1.

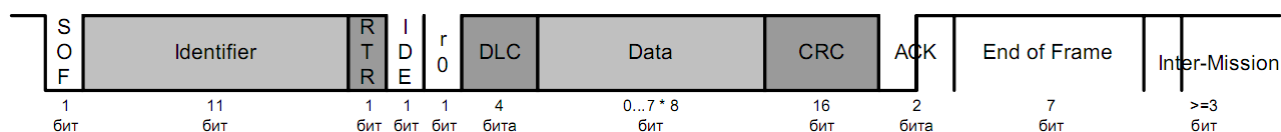


Рисунок 4.1 - Структура одного повідомлення CAN

Відповідно до рис. 4.1, повідомлення складаються з 111 bit, переданих по лінії зв'язку. Таким чином, інформація, що передається, розбита на окремі повідомлення, в яких інформаційна частина займає 8 byte.

Обмін даними між БФДС-21 і БУ по кожній CAN магістралі і обробка прийнятої інформації виконується всередині циклу тривалістю 0,5 s. Алгоритм

обміну побудований за форматом «запит – відповідь».

Кожен БФДС-21 приймає від трьох БУ синхронізуючі повідомлення і через 9 ms після прийому першого синхронізуючого повідомлення виконує підсинхронізацію внутрішніх лічильників циклів по пакету від БУ з найменшим номером. Для захисту від помилкових синхронізуючих повідомлень підсинхронізація внутрішніх лічильників циклів виконується не частіше ніж один раз на 450 ms.

Через 10 ms після прийому першого синхронізуючого повідомлення БФДС-21 приймає інформаційні дані від трьох БУ.

Після синхронізації по CAN МП приймає дані від ДЛ-1 або ДЛ-2 для виконання імітаційного формування ДС (включення/відключення).

Кожен БФДС-21:

- контролює періодичність приходу до нього повідомлень із запитами;
- формує відповідь не частіше ніж один раз на 450 ms;
- пропускає запити, що приходять частіше, ніж один раз на 450 ms.

Для додаткового контролю і поділу типів повідомлень на магістралі використовується механізм ідентифікаторів повідомлень CAN. Кожному повідомленню присвоюється свій унікальний ідентифікатор, який згідно специфікації займає 11 bit службової інформації. Значення ідентифікатора визначає пріоритет повідомлення (повідомлення з меншим значенням ідентифікатора має більший пріоритет).

## **4.2 Алгоритм формування дискретних сигналів**

Формування дискретних сигналів при подачі живлення.

Після подачі живлення на БФДС формує такі стани для кожного з вихідних ДС:

- сигнали перевищення швидкості: « $\geq 2$  km / h», « $\geq 10$  km / h», « $\geq 20$  km / h», « $\geq 40$  km / h», « $\geq 60$  km / h"» - стан логічної «1»;

- сигнал управління розбором тяги «Тяга» - стан логічного «0»;
- сигнал відповідності швидкості: «0 km / h: - стан логічна« 1 »;
- сигнали управління обмотками: ЕПК №1, ЕПК №2, ЕПШ №1, ЕПШ №2, ЕПШ №3, ПКМ ТВ1, ПКМ ТВ2, ПКМ ОВ1, ПКМ ОВ2, ПКМ ОВ3 - стан логічного «0»;
- резервний сигнал ( «Резерв 1») - стан логічної «1»;
- резервні сигнали ( «Резерв 2», «Резерв 3») - стан логічного «0»;
- Формування дискретних сигналів по командам, які поступають від трьох БУ з CAN магістралей.

Після синхронізації двох БФДС-21 з головним БУ повинен виконуватися прийом інформаційних повідомлень (команд) від трьох БУ в вузли МП1 і МП2 кожного БФДС-21. Кожен вузол МП повинен порівняти прийняті команди і за мажоритарним принципом «2 з 3» визначити підсумкові команди і сформувавши сигнали управління ключами і реле. Схема електрична принципова БФДС-21 наведена в додатку Г.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Метою розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» є розгляд методів і засобів забезпечення безпечних умов праці на робочих місцях користувачів комп'ютерних та інформаційних технологій при розробці предмета праці (програмного забезпечення), а також його експлуатації.

У даному розрахунковому завданні необхідно визначити потенційно небезпечні та шкідливі виробничі чинники, їх вплив на виробниче середовище та на людину, розглянути характеристики приміщення і шкідливі виробничі фактори, які мають місце в даному приміщенні.

### 5.1 Вимоги до приміщень

Геометричні розміри приміщення:

- довжина – 6м;
- ширина – 5м;
- висота – 4м;
- площа – 30 м<sup>2</sup>;
- об'єм – 120 м<sup>3</sup>.

Згідно з санітарними нормами мікроклімату виробничих приміщень розмір площі для одного робочого місця оператора персонального комп'ютера має бути не менше 6 кв. м, а об'єм — не менше 20 куб. м [20].

Отже, дане приміщення цілком відповідає зазначеним нормам.

Для зручності спільної роботи з іншими працівниками (обговорення ідей, з'ясування проблем і т.д.) в кімнаті є дивани і журнальний стіл, обставлені живими квітами. Також робочий процес пов'язаний з багатьма документами, теками, журналами для чого приміщення облаштоване принтером і шафою для зручності. Задля дотримання визначеного рівня мікроклімату в будівлі встановлено систему опалення та кондиціонування.

Для забезпечення потрібного рівного освітленості кімната має вікно та систему загального рівномірного освітлення, що встановлена на стелі. Для дотримання вимог пожежної безпеки встановлено порошковий вогнегасник та систему автоматичної пожежної сигналізації.

## **5.2 Вимоги до організації місця праці**

Робочий стіл на досліджуваному місці також містить достатньо простору для ніг. Крісло, що використовується в якості робочого сидіння, є підйомно поворотним, має підлокітники і можливість регулювання за висотою і кутом нахилу спинки, також воно м'яке і виконане з екологічної шкіри, що дає можливість працювати у комфорті. Екран монітору знаходиться на відстані 0.8 м, клавіатура має можливість регулювання кута нахилу 5-15°. Отже, за всіма параметрами робоче місце відповідає нормативним вимогам.

Температура в приміщенні протягом року коливається у межах 20–30°C, відносна вологість — від 45 до 80%. Швидкість руху повітря не перевищує 0,2 м/с. Шум в лабораторії знаходиться на рівні 50 дБА. Атмосферний тиск від 84 до 107 кПа Система вентилявання приміщення — природна неорганізована, а опалення — централізоване.

Розміщення вікон забезпечує природне освітлення з коефіцієнтом природного освітлення не менше 1,5%, а загальне штучне освітлення, яке здійснюється за допомогою восьми люмінесцентних ламп, забезпечує рівень освітленості не менше 200 Лк.

У кабінеті є електрична мережа з напругою 220 В, яка створює небезпеку ураження електричним струмом. ПК та периферійні пристрої можуть бути джерелами електромагнітних випромінювань, аерозолів та шкідливих речовин (часток тону, оксидів нітрогену та озону).

За ступенем пожежної безпеки приміщення належить до категорії В. Кабінет оснащений переносним вуглекислотним вогнегасником ВВК-5 . Наявна апте-

чка для надання долікарської допомоги, а також у кабінеті роблять вологе прибирання та щоденно провітрюють приміщення.

### **5.3 Виробнича санітарія**

На підставі аналізу небезпечних та шкідливих факторів при виробництві (експлуатації), пожежної безпеки можуть бути надалі вирішені питання необхідності забезпечення працюючих достатньою кількістю освітлення, вентиляції повітря, організації заземлення, тощо. [21]

### **5.4 Рекомендації з пожежної профілактики**

Висока щільність елементів в електронних схемах призводить до значного підвищення температури окремих вузлів (80...100 °C). При проходженні електричного струму по провідниках і деталей виділяється тепло, що в умовах їх високої щільності може привести до перегріву, і може служити причиною запалювання ізоляційних матеріалів. Слабкий опір ізоляційних матеріалів дії температури може викликати порушення ізоляції і привести до короткого замикання між струмоведучими частинами обладнання (шини, електроди).

Для гасіння пожеж в офісному приміщенні пропонується використовувати порошкові або вуглекислотні вогнегасники, так як вони є універсальними.

Заземлені конструкції, що знаходяться в приміщеннях, де розміщені робочі місця (батареї опалення, водопровідні труби, кабелі із заземленим відкритим екраном), надійно захищені діелектричними щитками та/або сітками з метою недопущення потрапляння працівника під напругу.

В приміщенні наявна затверджена «План-схема евакуації з кабінету (приміщення)».

Горючими матеріалами в приміщенні, де розташовані ПК, є:

1) поліамід - матеріал корпусу мікросхем, горюча речовина, температура самозаймання 420 °C;

2) полівінілхлорид - ізоляційний матеріал, горюча речовина, температура запалювання 335 °С, температура самозаймання 530 °С;

3) склотекстоліт ДЦ - матеріал друкарських плат, важкогорючий матеріал, показник горючості 1.74, не схильний до температурного самозаймання;

4) пластикат кабельний №489 - матеріал ізоляції кабелів, горючий матеріал, показник горючості більше 2.1;

5) деревина - будівельний і обробний матеріал, з якого виготовлені меблі, горючий матеріал, показник горючості більше 2.1, температура запалювання 255 °С, температура самозаймання 399 °С.

Простори усередині приміщень в межах, яких можуть утворюватися або знаходиться пожежонебезпечні речовини і матеріали відповідно до НАПБ Б.03.002-2007 [22] відносяться до пожежонебезпечної зони класу П-Па. Це обумовлено тим, що в приміщенні знаходяться тверді горючі та важкозаймісті речовини та матеріали. Приміщенню, у якому розташоване робоче місце, присвоюється II ступень вогнестійкості.

Причинами можливого загоряння і пожежі можуть бути:

- 1) несправність електроустановки;
- 2) конструктивні недоліки устаткування;
- 3) коротке замикання в електричних мережах;
- 4) запалювання горючих матеріалів, що знаходяться в безпосередній близькості від електроустановки.

Продуктами згорання, що виділяються на пожежі, є: окис вуглецю; сірчистий газ; окис азоту; синильна кислота; акромін; фосген; хлор і ін. При горінні пластмас, окрім звичних продуктів згорання, виділяються різні продукти термічного розкладання: хлорангідридні кислоти, формальдегіди, хлористий водень, фосген, синильна кислота, аміак, фенол, ацетон, стирол.

Для захисту обслуговуючого персоналу від впливу небезпечних і шкідливих факторів пожежі проектом передбачається застосування промислового фільтруючого протигаза з коробкою марки В (жовта).

Для того щоб перервати реакцію горіння, порушують умови її виникнення і

підтримки. Зазвичай для гасіння використовують порушення двох основних умов стійкого стану - зниження температури і режим руху газів.

Зниження температури може бути досягнуто шляхом введення речовин, які поглинають багато тепла в результаті випаровування і дисоціації (наприклад, вода, порошки).

Режим руху газів може бути змінений шляхом скорочення і ліквідації припливу кисню.

Головною причиною виникнення пожежі може служити займання матеріалів, які застосовуються при виготовленні комплектуючих, що використовуються в ПК. Небезпека розвитку пожежі на обчислювальному центрі обумовлюється застосуванням розгалужених систем вентиляції та кондиціонування, розвинутою системою електроживлення ПК. Так само загоряння в ПК пов'язано зі значною кількістю щільно розташованих на монтажних платах і блоках електронних вузлів і схем, електричних і комутаційних кабелів, резисторів, конденсаторів, напівпровідникових діодів і транзисторів. Висока щільність елементів в електронних схемах призводить до значного підвищення температури окремих вузлів (80 ... 100 °C), що може служити причиною займання ізоляційних матеріалів. Слабкий опір ізоляційних матеріалів впливу температури може викликати порушення ізоляції і привести до короткого замикання.

Пожежна безпека при застосуванні ПК відповідно до ГОСТ 12.1.004-91[23]

"Пожежна безпека" забезпечується:

- Системою запобігання пожежі;
- Системою протипожежного захисту;
- Організаційно - технічними заходами.

Запобігти утворенню горючого середовища (замінити горючі речовини і матеріали на негорючі та важкогорючі). Не надається можливим. Тому проектом передбачається способи і засоби, що запобігають утворенню (або внесення) в горючу середу джерел запалювання.

Згідно ГОСТ 12.1.004-91 для запобігання утворенню в займистому



середовищі джерел запалювання передбачається:

- Застосування обладнання, що задовольняє вимогам електростатичної іскробезпеки;
- Застосування в конструкціях швидкодіючих засобів захисного відключення можливих джерел запалювання;
- Виключення можливості появи іскрового заряду статичної електрики в займистому середовищі з енергією, яка дорівнює і вище мінімальної енергії запалювання;
- Підтримання температури нагріву поверхонь машин, механізмів, устаткування, пристроїв, речовин і матеріалів, які можуть увійти в контакт з горючим середовищем, нижче гранично допустимої, складовою 80% найменшої температури самозаймання пального;
- Пристроєм блискавкозахисту будівель, споруд і обладнання.

В якості первинних засобів пожежогасіння пропонується використовувати:

- ручний вогнегасник ОУ-5;
- повітряно - пінний вогнегасник ОВП-5;
- азбестове полотно 1.5x2 м.

Для запобігання пожежі в обчислювальних центрах передбачається виконання наступних організаційно-технічних заходів:

1. Електроживлення ПК має автоматичне блокування відключення електроенергії на випадок зупинки системи охолодження і кондиціонування;
2. Система вентиляції обчислювальних центрів обладнується блокуючими пристроями, що забезпечують її відключення в разі пожежі. Система обладнується вогнезагороджуючими клапанами;
3. Після закінчення роботи, перед закриттям приміщення, всі електроустановки та персональні комп'ютери відключаються від мережі електроживлення;
4. В приміщеннях обчислювальних центрів забороняється:
  - влаштовувати електророзетки на горючих основах;
  - використовувати синтетичні доріжки і килими;
  - користуватися побутовими електронагрівальними приладами;

- захищувати евакуаційні виходи та проходи;
- влаштовувати на вікнах глухі ґрати;
- залишати без нагляду включену в електромережу апаратуру, яка використовується для вимірювань і нагляду.

В якості технічних заходів потрібно оснащувати робочий персонал засобами індивідуального захисту (протигази, респіратори).

## **5.5 Електробезпека**

На робочому місці виконуються наступні вимоги електробезпеки: ПК, периферійні пристрої та устаткування для обслуговування, електропроводи і кабелі за виконанням та ступенем захисту відповідають класу зони за ПУЕ (правила улаштування електроустановок), мають апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів. Лінія електромережі для живлення ПК, периферійних пристроїв і устаткування для обслуговування, виконана як окрема групова три-провідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення (занулення) електроприймачів. Штепсельні з'єднання та електророзетки крім контактів фазового та нульового робочого провідників мають спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Електромережа штепсельних розеток для живлення персональних ПК, укладено по підлозі поруч зі стінами відповідно до затвердженого плану розміщення обладнання та технічних характеристик обладнання. Металеві труби та гнучкі металеві рукави заземлені. Захисне заземлення включає в себе заземлюючих пристроїв і провідник, який з'єднує заземлюючий пристрій з обладнанням, яке заземлюється - заземлюючий провідник[24].

## **5.6 Мікроклімат**

Мікроклімат робочих приміщень – це клімат внутрішнього середовища цих

приміщень, що визначається діючої на організм людини з'єднанням температури, вологості, швидкості переміщення повітря. В даному приміщенні проводяться роботи, що виконуються сидячи і не потребують динамічного фізичного напруження, то для нього відповідає категорія робіт Ia. Отже оптимальні значення для температури, відносної вологості й рухливості повітря для зазначеного робочого місця відповідають.

Дане приміщення обладнане системами опалення, кондиціонування повітря або припливно-витяжною вентиляцією. У приміщенні на робочому місці забезпечуються оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості й рухливості повітря. Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі мають відповідати. Для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в приміщенні проводяться перерви в роботі співробітників, з метою його провітрювання. Існують спеціальні системи кондиціонування, які забезпечують підтримання в приміщенні балансу оптимальних параметрів мікроклімату [25].

Таблиця 5.1 – Норми мікроклімату робочої зони об'єкту

Період року	Категорія робіт	ТемператураС <sup>0</sup>	Відносна вологість %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	легка-1 а	22 - 24	40 – 60	0,1
Тепла	легка-1 а	23 - 25	40 – 60	0,1

Контроль параметрів мікроклімату в холодний і теплий період року здійснюється не менше 3-х разів на зміну (на початку, середині, в кінці).

## 5.7 Освітлення

Світло є природною умовою існування людини. Воно впливає на стан вищих психічних функцій і фізіологічні процеси в організмі. Хороше освітлення діє тонізуюче, створює гарний настрій, покращує протікання основних процесів вищої нервової діяльності.

Збільшення освітленості сприяє поліпшенню працездатності навіть в тих випадках, коли процес праці практично не залежить від зорового сприйняття. При поганому освітленні людина швидко втомлюється, працює менш продуктивно, виникає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків.

Освітленість приміщення має велике значення при роботі на ПК. Вона багато в чому визначається колірною і мереживною обстановкою. Для зменшеного поглинання світла стеля і стіни вище панелей (1,5-1,7м.). Якщо вони не облицьовані звукопоглинальним матеріалом, фарбуються білою водоемульсійною фарбою (коефіцієнт відбиття повинен бути не менше 0,7). Для забарвлення стіни панелей рекомендується віддавати перевагу світлим фарбам.

Основний потік природного світла при цій повинен бути зліва. Не допускається спрямування основного світлового потоку природного світла праворуч, ззаду і спереду працівника на ПК.

Робота на ПК може здійснюватися за таких видах освітлення:

- 1 загальному штучному освітленні, коли відео монітори розташовуються по периметру приміщення або при центральному розташуванні робочих місць у два ряди по довжині кімнати з екранами, звернені в протилежні сторони;
- 2 суміщене освітлення (природне + штучне) тільки при одному і трьох рядном розташуванні робочих місць, коли екран і поверхню робочого столу знаходяться перпендикулярно світла несучій стіні. При цьому штучне освітлення буде виконане стельовими або підвісними люмінесцентними світильниками, рівномірно розміщеними по стелі рядами паралельно світловим прорізам так, щоб екран відео монітора знаходився в зоні захисного кута світильника, і його проекції не доводилися на екран. Працюючі на ПК не повинні бачити відображення світильників на екрані. Застосовувати місцеве освітлення при роботі на ПК не рекомендується.

Природне освітлення, коли робочі місця з ПК розташовуються в один ряд по довжині приміщення на відстані 0,8 - 1,0 м від стіни з віконними прорізами, і екрани знаходяться перпендикулярно цієї стіни. Основний потік природного світ-

ла при цій повинен бути зліва. Не допускається спрямування основного світлового потоку природного світла праворуч, ззаду і спереду працює на ПК. Оптимальна відстань очей до екрана відео монітора повинна становити 60-70 см, допустиме не менше 50 см. Розглядати інформацію ближче 50 см не рекомендується.

У проєкті, що розробляється, передбачається використовувати суміщене освітлення. У світлий час доби використовуватиметься природне освітлення приміщення через віконні отвори, в решту часу використовуватиметься штучне освітлення. Штучне освітлення створюється газорозрядними лампами.

Штучне освітлення в робочому приміщенні передбачається здійснювати з використанням люмінесцентних джерел світла в світильниках загального освітлення, оскільки люмінесцентні лампи мають високу потужність (80 Вт), тривалий термін служби (до 10000 годин), спектральний складом випромінюваного світла, близький до сонячного. При експлуатації ПК виконується зорова робота IV в розряду точності (середня точність). При цьому нормована освітленість на робочому місці ( $E_n$ ) рівна 200 лк. Джерелом природного освітлення є сонячне світло.

У приміщенні, де розташовані ПК передбачається природне бічне освітлення. Джерелом природного освітлення є сонячне світло. Регулярно повинен проводитися контроль освітленості, який підтверджує, що рівень освітленості задовольняє ДБН і для даного приміщення в світлий час доби достатньо природного освітлення [26].

*Розрахунок освітлення.*

Для будівель виробництв світловий коефіцієнт приймається в межах 1/6 - 1/10:

$$S_b = \left( \frac{1}{5} \div \frac{1}{10} \right) \cdot S_n, \quad (5.1)$$

де  $S_b$  – площа віконних прорізів,  $m^2$ ;

$S_n$  – площа підлоги,  $m^2$ .

$$S_n = a \cdot b = 5 \cdot 6 = 30 \text{ м}^2, \quad (5.2)$$

$$S = 1/6 \cdot 30 = 5 \text{ м}^2.$$

Приймаємо 1 вікно площею  $S=5 \text{ м}^2$ .

Світильники загального освітлення розташовуються над робочими поверхнями в рівномірно-прямокутному порядку. Для організації освітлення в темний час доби передбачається обладнати приміщення, довжина якого складає 5 м, ширина 6 м, світильниками ЛПО2П, оснащеними лампами типу ЛБ (дві по 80 Вт) з світловим потоком 5400 лм кожна.

Розрахунок штучного освітлення виробляється по коефіцієнтах використання світлового потоку, яким визначається потік, необхідний для створення заданої освітленості при загальному рівномірному освітленні. Розрахунок кількості світильників  $n$  виробляється по формулі:

$$n = \frac{E \cdot S \cdot Z \cdot K}{F \cdot U \cdot M}, \quad (5.3)$$

де  $E$  – нормована освітленість робочої поверхні, визначається нормами – 300 лк;

$S$  – освітлювана площа,  $\text{м}^2$ ;  $S = 30 \text{ м}^2$ ;

$Z$  – поправочний коефіцієнт світильника ( $Z = 1,15$  для ламп розжарювання та ДРЛ);

$Z$  – поправочний коефіцієнт світильників (для стандартних світильників  $Z=0,1 \div 1,3$ );

$K$  – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в процесі експлуатації – 1,5;

$U$  – коефіцієнт використання, залежний від типу світильника, показника індексу приміщення і т.п. – 0,575

$M$  – число люмінесцентних ламп в світильнику – 2;

$F$  – світловий потік лампи – 5400лм (для ЛБ-80).

Підставивши числові значення у формулу, отримуємо:

$$n = \frac{300 * 30 * 1.2 * 1.5}{5400 * 0.575 * 2} \approx 2.6 \quad (5.4)$$

Приймаємо освітлювальну установку, яка складається з 2-х світильників, які складаються з двох люмінесцентних ламп загальною потужністю 160 Вт, напругою – 220 В.

## **5.8 Вентилювання**

У приміщенні, де знаходяться ПК, повітрообмін реалізується за допомогою природної організованої вентиляції (вентиляційні шахти), тобто при  $V$  приміщення  $> 40 \text{ м}^3$  на одного працюючого допускається природна вентиляція. Цей метод забезпечує приток потрібної кількості свіжого повітря, що визначається в СНіП.

Також має здійснюватися провітрювання приміщення, в залежності від погодних умов, тривалість повинна бути не менше 10 хв. Найкращий обмін повітря здійснюється при наскрізному провітрюванні.

## **5.9 Заходи з організації виробничого середовища та попередження виникнення надзвичайних ситуацій**

Заходи безпеки під час експлуатації персонального комп'ютера та периферійних пристроїв передбачають:

- правильне організування місця праці та дотримання оптимальних режимів праці та відпочинку під час роботи з ПК;
- експлуатацію сертифікованого обладнання;
- дотримання заходів електробезпеки;
- забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату;
- забезпечення раціонального освітлення місця праці (освітленість робочого місця не перевищувала 2/3 нормальної освітленості приміщення);

- облаштовуюючи приміщення для роботи з ПК, потрібно передбачити припливно-витяжну вентиляцію або кондиціонування повітря:
- а) якщо об'єм приміщення  $20 \text{ м}^3$ , то потрібно подати не менш як  $30 \text{ м}^3$  /год повітря;
- б) якщо об'єм приміщення у межах від  $20$  до  $40 \text{ м}^3$ , то потрібно подати не менш як  $20 \text{ м}^3$ /год повітря;
- в) якщо об'єм приміщення становить понад  $40 \text{ м}^3$ , допускається природна вентиляція, у випадку, коли немає виділення шкідливих речовин.

Заходи безпеки під час експлуатації інших електричних приладів передбачають дотримання таких правил:

- постійно стежити за справним станом електромережі, розподільних щитків, вимикачів, штепсельних розеток, лампових патронів, а також мережевих кабелів живлення, за допомогою яких електроприлади під'єднують до електромережі;
- постійно стежити за справністю ізоляції електромережі та мережевих кабелів, не допускаючи їхньої експлуатації з пошкодженою ізоляцією;
- не тягнути за мережевий кабель, щоб витягти вилку з розетки;
- не закривати меблями, різноманітним інвентарем вимикачі, штепсельні розетки;
- не підключати одночасно декілька потужних електропристроїв до однієї розетки, що може викликати надмірне нагрівання провідників, руйнування їхньої ізоляції, розплавлення і загоряння полімерних матеріалів;
- не залишати включені електроприлади без нагляду;

### **Висновки до розділу**

Важливу увагу слід звернути на пожежну безпеку підприємства в цілому і окремих його приміщень. В приміщеннях не повинно накопичуватися сміття, непотрібний папір, мотлох та ін. речі, які не використовуються у виробничому процесі. Наявний вільний аварійний вихід за межі приміщення в разі пожежі, бути



передбачені вогнегасники. Вони повинні бути в робочому стані і перевірятися згідно з нормами. У приміщеннях повинна бути пожежна сигналізація, вогнегасник. У разі виникнення пожежі необхідно повідомити в найближчу пожежну частину, убезпечити інших працівників і по можливості прийняти кроки по запобіганню можливих наслідків та усуненню пожежі.

В результаті проведеної роботи було зроблено аналіз умов праці, шкідливих та небезпечних чинників, з якими стикається робітник. Було визначено параметри і певні характеристики приміщення для роботи над запропонованим проектом написаному в кваліфікаційній роботі, описано, які заходи потрібно зробити для того, щоб дане приміщення відповідало необхідним нормам і було комфортним і безпечним для робітника.

Приведені рекомендації щодо організації робочого місця, а також важливу інформацію щодо пожежної та електробезпеки. Була наведена схема, розміри приміщення та наведено значення температури, вологості й рухливості повітря, необхідна кількість і потужність ламп та інші параметри, значення яких впливає на умови праці робітника, а також – наведені інструкції з охорони праці, техніки безпеки при роботі на комп'ютері.

## ВИСНОВКИ

Під час написання дипломної роботи було розроблено обрану тему, а саме блок формування дискретних сигналів БФДС-21.

Розбираючи цю тему, було сформульовано загальну концепцію БФДС-21, розглянуто основні функції БФДС-21:

- у складі ППО СЛБ-I БФДС-21 виконує прийом даних від трьох блоків управління і від дисплея локомотивного ДЛ-1 або ДЛ-2, обробляє і видає дані по двом CAN-магістралях.
- перетворює вхідну напругу 24 V в напругу електроживлення мікросхем 3,3 V;
- формує вихідні дискретні сигнали в кількості 20 шт;
- контролює напругу електроживлення 3,3 V, 50 V і температуру БФДС-21;
- обмінюється даними з блоками і пристроями СЛБ-I по двом інтерфейсам CAN зі швидкістю 120 Kbit/s;
- обмінюється даними між мікроконтролерами STM32F405 і LPC4357 по каналу UART зі швидкістю 230 Kbit/s;
- формує на індикаторі «ИСПР» ознаки справності БФДС-21.

Було Розглянуто основні вузли БФДС-21 для реалізації необхідних функцій:

- два мікроконтролерні вузла, кожен з яких містить мікроконтролер з відповідними схемами початкового завантаження і тактування;
- два вузли CAN-інтерфейсу;
- вузли формування потенційних дискретних сигналів і сигналів «сухий контакт» в загальній кількості 20 шт., Кожен вузол яких містить вузли:
  - а) два вузла комутації дискретного сигналу, керовані МП і МП1 відповідно;
  - б) вузол контролю справності ключів, керований вузлами МП, МП1;

- вузол живлення, який перетворює вхідну напругу 24 V в напругу 3,3 V для живлення внутрішніх ланцюгів БФДС-21;
- вузол контролю напруги живлення і температури;
- вузол індикації.

А також було розроблено структурну і принципову схему БФДС-21. З результату розробки БФДС-21 слідує, що даний пристрій відповідає пред'явленим до нього вимогам. БФДС-21 призначений для застосування в системі локомотивної безпеки.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Автоматизированные системы управления и контроля движения поездов. URL: - <http://poznayka.org/s72073t1.html>
2. Северодонецкое НПО «Импульс». Системы автоматики для железных дорог. URL:-  
[http://imp.lg.ua/download/katalogi/2018/may/ET\\_catalog\\_of\\_25.05.2018\\_\(PJ\\_SC\\_SRPA\\_Impulse\)\\_ru.pdf](http://imp.lg.ua/download/katalogi/2018/may/ET_catalog_of_25.05.2018_(PJ_SC_SRPA_Impulse)_ru.pdf)
3. Назначение и функции блоков КЛУБ-У. URL: -  
<http://poznayka.org/s1859t1.html>
4. Комплексное локомотивное устройство безопасности движения, унифицированное КЛУБ-У. URL: - <http://helpiks.org/3-55565.html>
5. Комплексное локомотивное устройство безопасности унифицированное (клуб-у) URL: - <http://www.findpatent.ru/patent/224/2248899.html>
6. Блок БКР-У-1М. Руководство по эксплуатации 36991-260-00 РЭ URL:-  
[https://www.irz.ru/uploads/files/70\\_14.pdf](https://www.irz.ru/uploads/files/70_14.pdf)
7. Лабораторный практикум для изучения микроконтроллеров архитектуры ARM Cortex-M4 на базе отладочного модуля STM32F4 Discovery / Бугаев В.И., Мусиенко М.П., Крайнык Я.М. – Москва-Николаев: МФТИ-ЧГУ, 2013. – 71 с.
8. Микроконтроллеры. Архитектура, программирование, интерфейс — Бродин В. Б., Шагурин И. И.
9. Интерфейсы периферийных устройств. Учебное пособие — Ключев А.О., Ковязина Д.Р., Петров Е.В., Платунов А.Е.
10. Datasheet STM32F405xx, STM32F407xx. URL: -  
<http://www.farnell.com/datasheets/1653612.pdf>
11. LPC435x 32-bit ARM Cortex-M4/M0 microcontroller URL: -  
<https://www.compel.ru/wordpress/wp-content/uploads/2012/10/STM32F4-YAdro-Cortex-M4.pdf>

12. CAN інтерфейс (Control Area Network). URL: - <http://lib.ssga.ru/fulltext/UMK/200501/6%20семестр/Информационно-измерительные%20системы/200501%20Лекции%20Информационно-измерительные%20системы%202011.pdf>
13. Схемотехника DC/DC преобразователей. URL: - [http://www.rom.by/files/shemotehnika\\_.pdf](http://www.rom.by/files/shemotehnika_.pdf)
14. ML100SEI Datasheet. URL: - [http://nz.apexex.com/specs/modules\\_power\\_supply\\_dc\\_dc\\_converters/ML100SEI-Datasheet.pdf](http://nz.apexex.com/specs/modules_power_supply_dc_dc_converters/ML100SEI-Datasheet.pdf)
15. RP08-243.3SAW. URL: - <https://www.recom-power.com/pdf/Powerline-DC-DC/RP08-AW.pdf>
16. UART-интерфейс: описание, использование. URL: - <http://fb.ru/article/350055/uart-interfejs-opisanie-ispolzovanie>
17. UART – последовательный интерфейс передачи данных. URL: <https://voltiq.ru/wiki/uart-interface/>
18. Описание последовательного интерфейса SPI. URL: <https://soltau.ru/index.php/themes/arduino/item/382-interfejs-spi-i-arduino>
19. Последовательный интерфейс SPI. URL: - [https://ru.wikipedia.org/wiki/Serial\\_Peripheral\\_Interface](https://ru.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface)
20. НПАОП 0.00-1.28-10 Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин
21. ДСанПіН 3.3.2.007-98 Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин
22. НАПБ Б.03.002-2007 Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.
23. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования
24. НПАОП 40.1-1.01-97 Класифікація приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом.
25. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
26. ДБН В.2.5-28:2015 Освітлення у приміщеннях.

# Додаток А

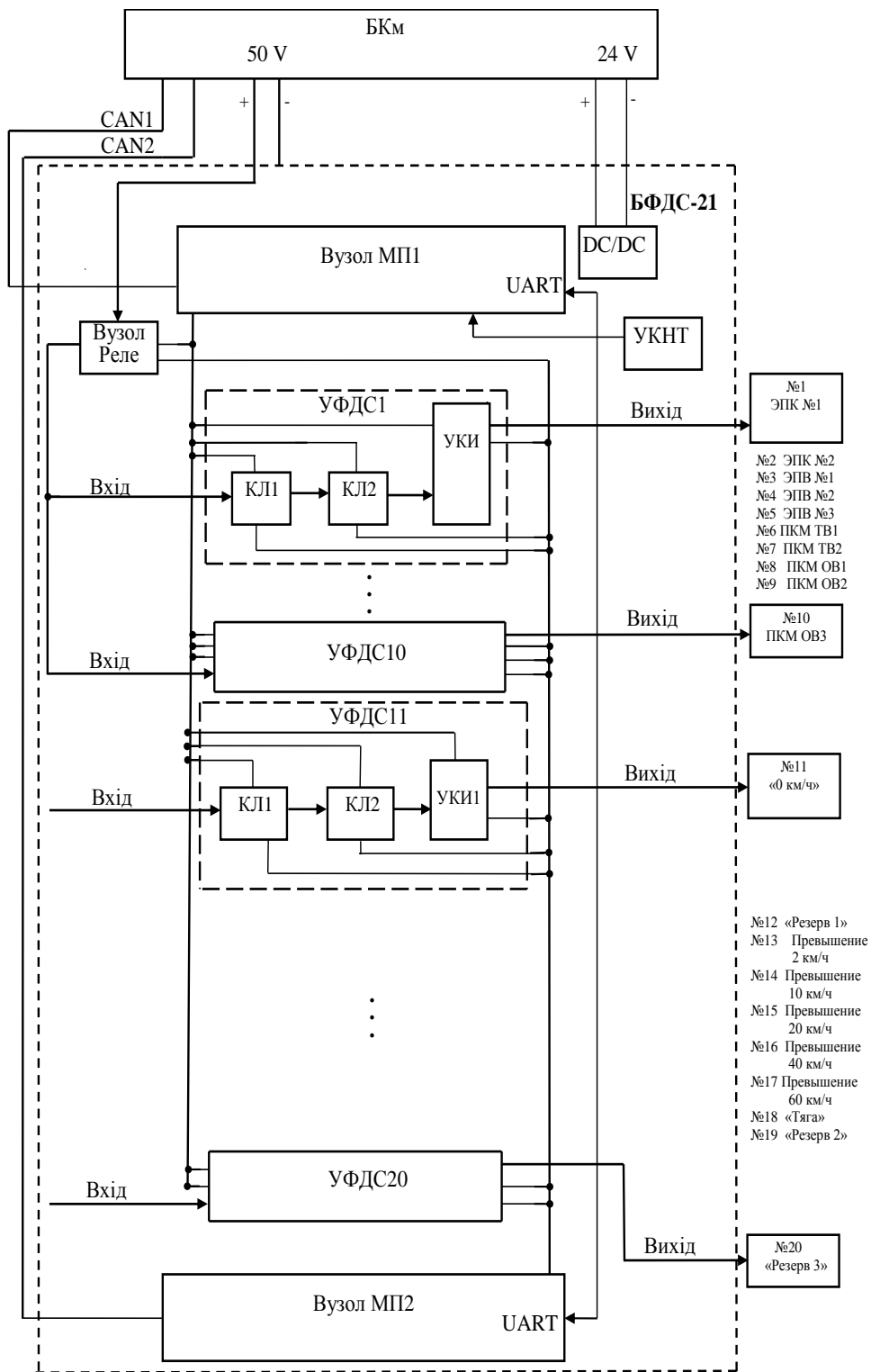


Рисунок А.1 – Структурна схема БФДС-21

## Додаток Б

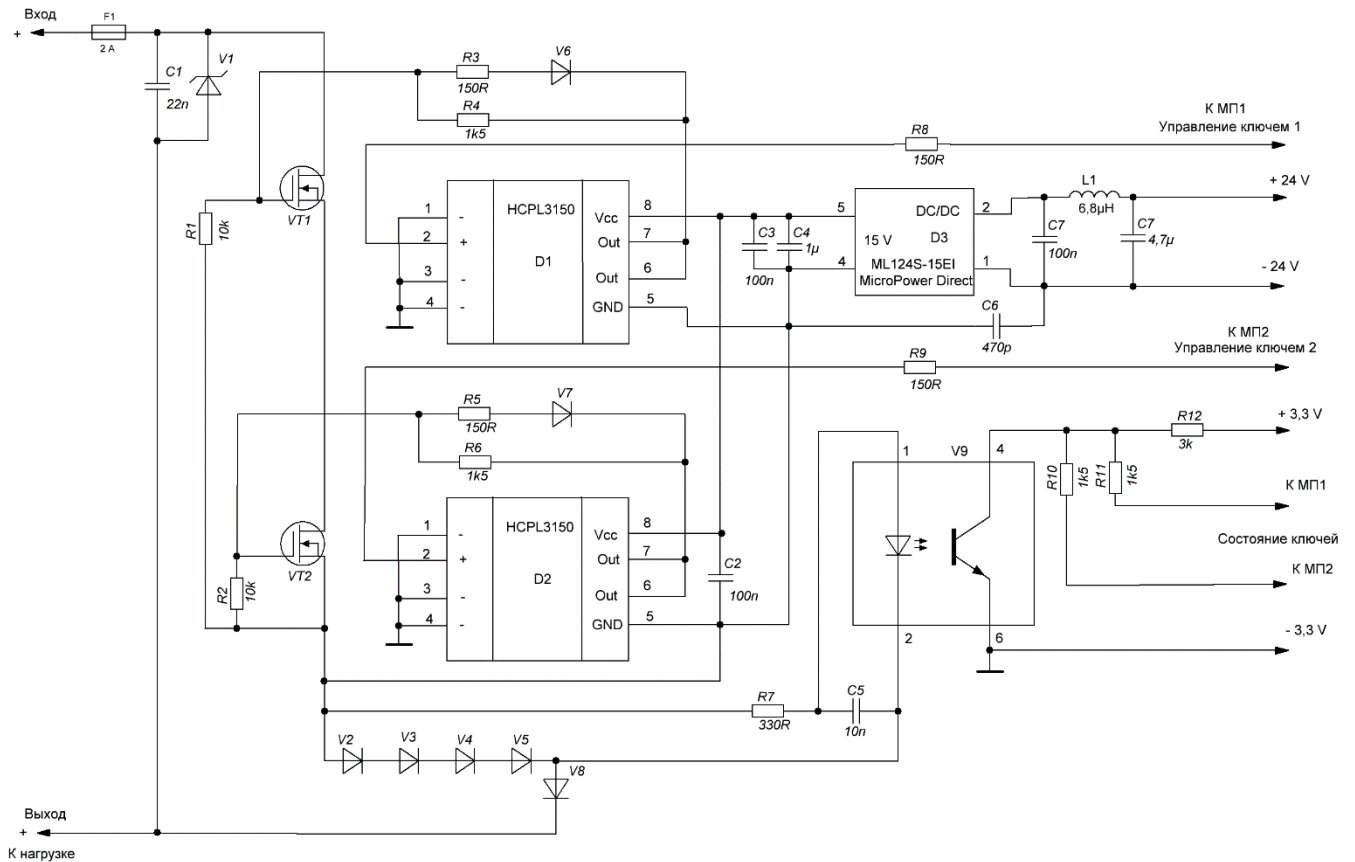


Рисунок Б.1 – схема для кожного з УФДС: «0 км/ч», « $\geq 2$  км/ч», « $\geq 10$  км/ч», « $\geq 20$  км/ч», « $\geq 40$  км/ч», « $\geq 60$  км/ч», «Тяга», «Резерв 1», «Резерв 2», «Резерв 3»

Таблиця Б.1 – Перелік основних елементів до рисунка Б.1

Поз.	Найменування	Кількість
D1, D2	Оптопара HCPL-3150 Avago Technologies	2
D3	DC/DC перетворювач ML124S-15EI Micro Power Direct	1
V1	Обмежувач напруги 1SMA75AT3G ON Semiconductor	1
V2 – V5, V8	Діод MBRS4201P ON Semiconductor	5
V6, V7	Діод MRA4007T3 ON Semiconductor	2
V9	Оптопара SFH6186-5X001T Vishay	1
VT1, VT2	Транзистор STF57N65M5 STMicroelectronics	2

## Додаток В

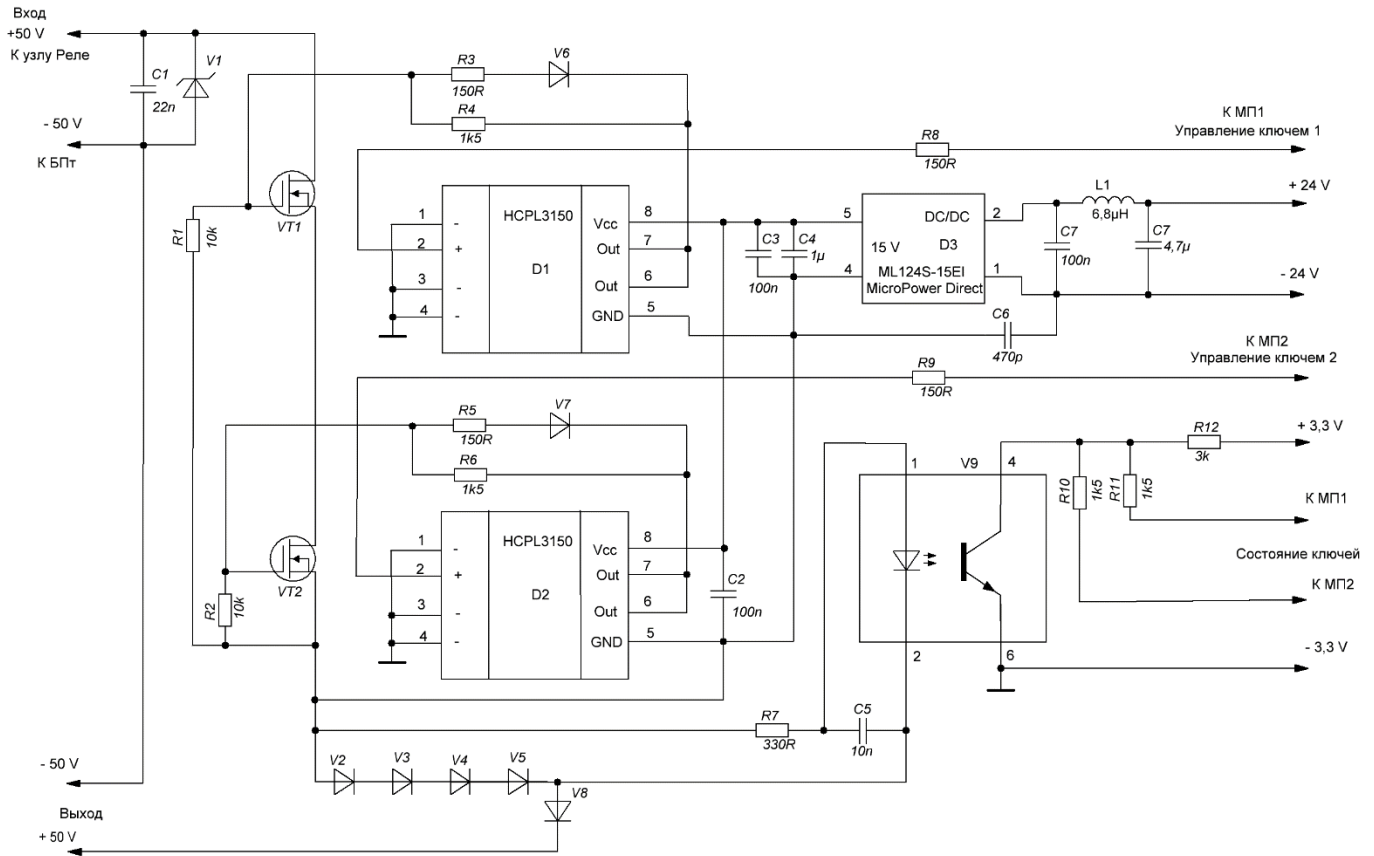


Рисунок В.1 – Схема для кожного з вузлів формування потенційних сигналів: ЭПК №1, ЭПК №2, ЭПВ №1, ЭПВ №2, ЭПВ №3, ПКМ ТВ1, ПКМ ТВ2, ПКМ ОВ1, ПКМ ОВ2, ПКМ ОВ

Таблица В.1 – Перелік основних елементів до В.1

Поз.	Найменування	Кількість
D1, D2	Оптопара HCPL-3150 Avago Technologies	2
D3	DC/DC перетворювач ML124S-15EI Micro Power Direct	1
V1	Обмежувач напруги 1SMA70AT3G ON Semiconductor	1
V2 – V5, V8	Діод MBRS4201P ON Semiconductor	5
V6, V7	Діод MRA4007T3 ON Semiconductor	2
V9	Оптопара SFH6186-5X001T Vishay	1
VT1, VT2	Транзистор STF20N95K5 STMicroelectronics	2



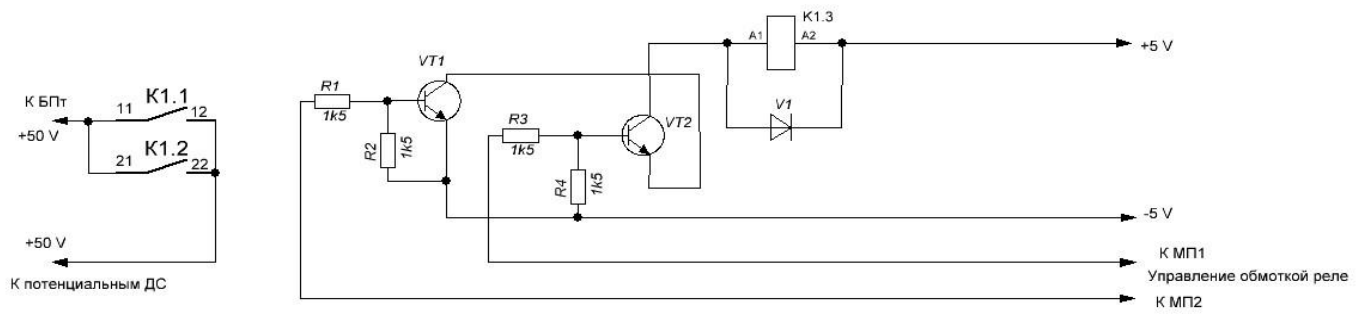


Рисунок В.2 – Схема узла реле

Таблица В.1 – Перелік основних елементів рисунка В.2

Поз.	Найменування	Кількість
K1	Реле RTE24006 TE Connectivity	1
V1	Диод BAS32L NXP	1
VT1, VT2	Транзистор BC817-25 NXP	2

# Додаток Г

## Схема електрична принципова БФДС-21

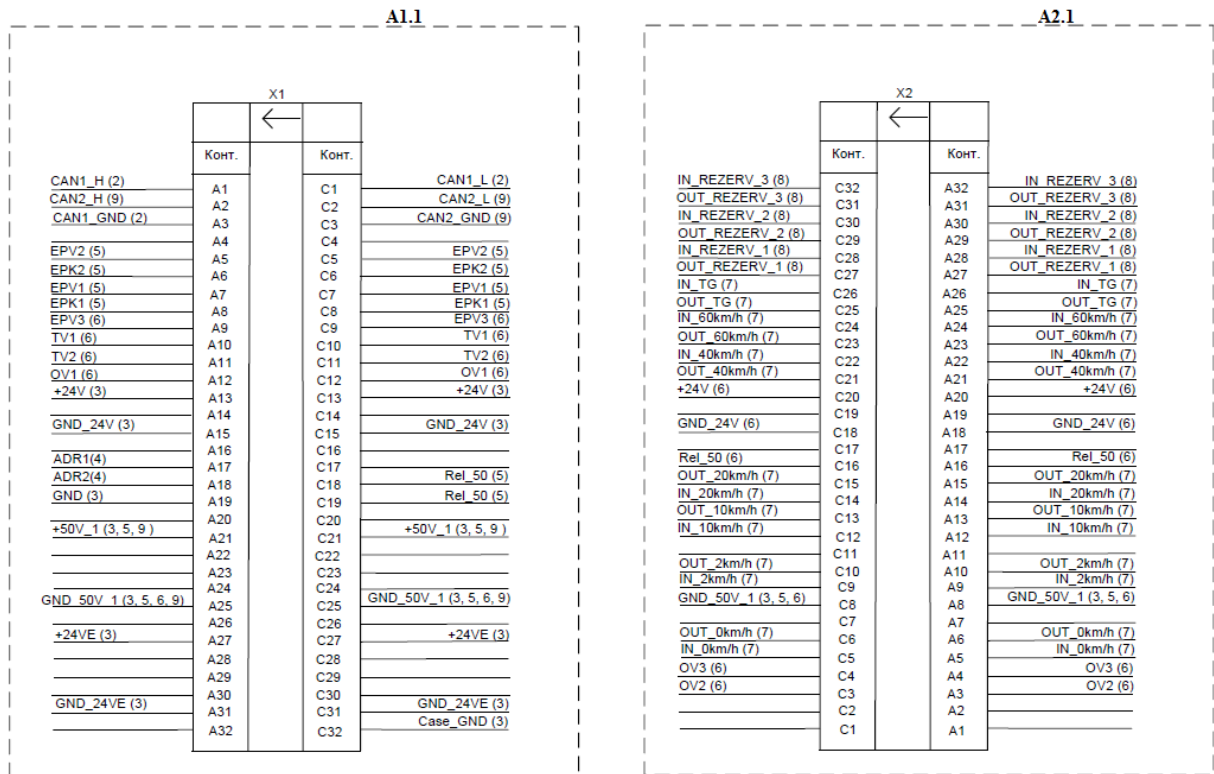


Рисунок Г.1

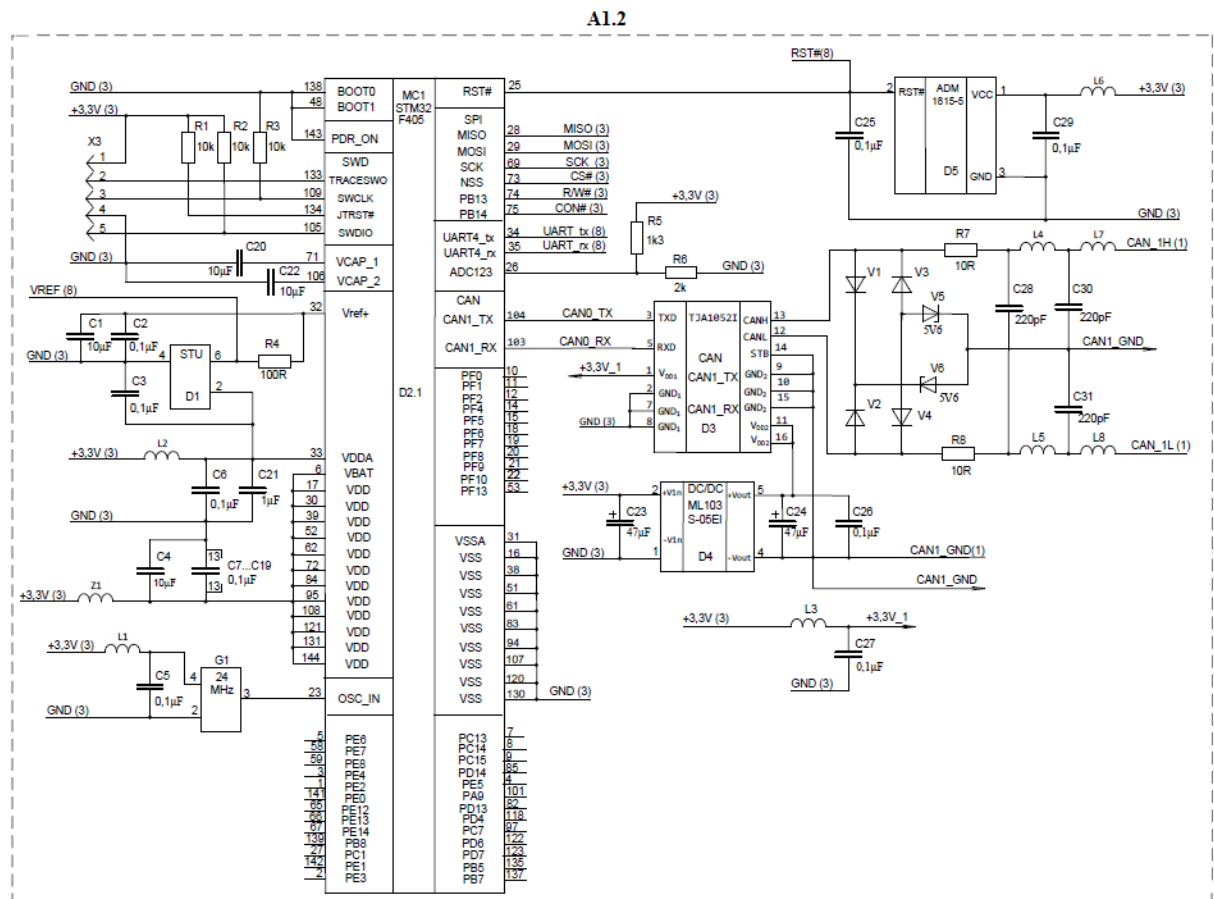


Рисунок Г.2

A1.3

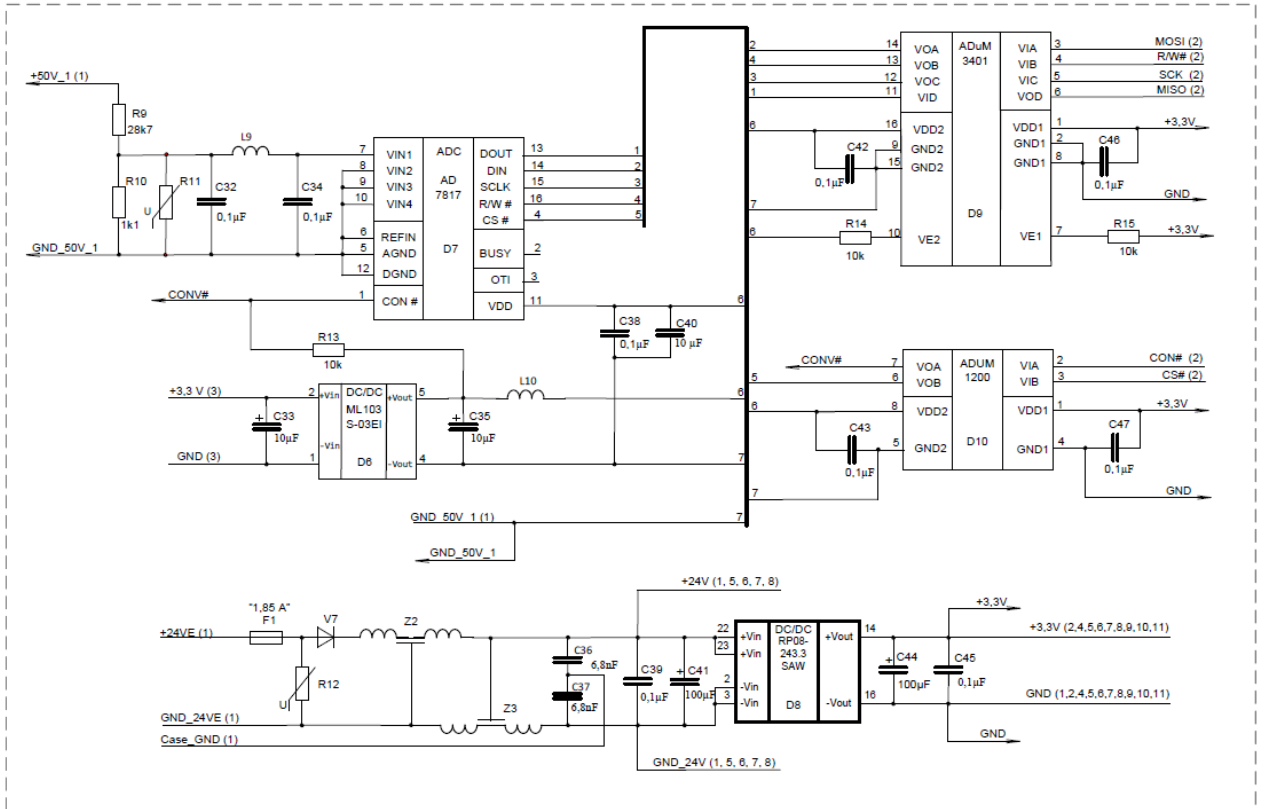


Рисунок Г.3

A1.4

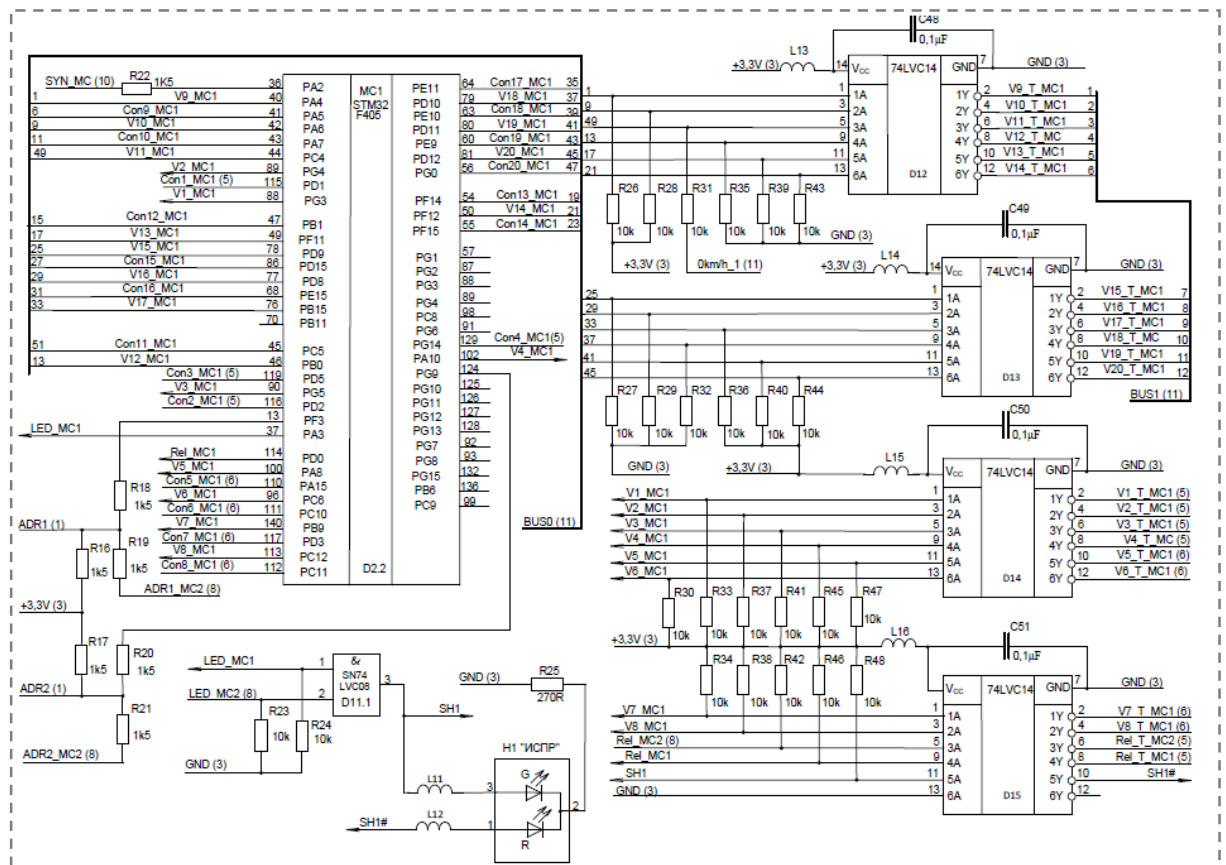
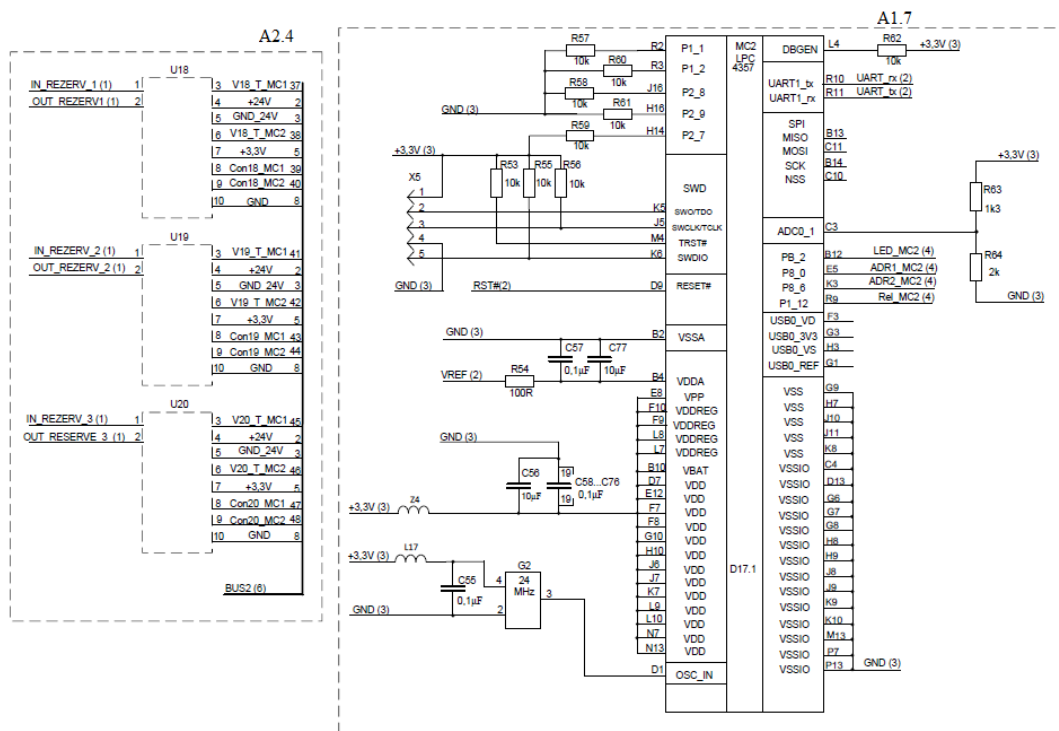
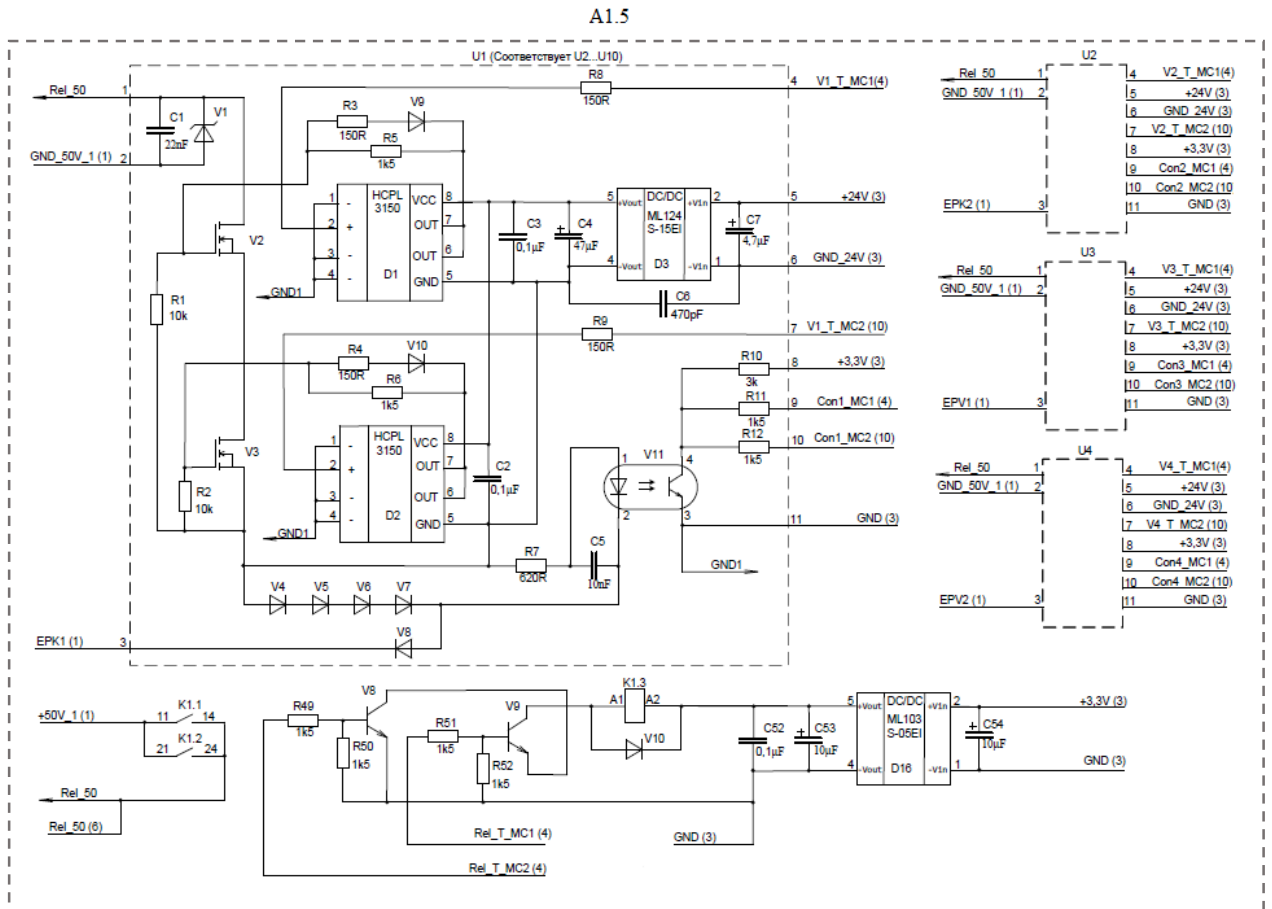


Рисунок Г.4



A1.9

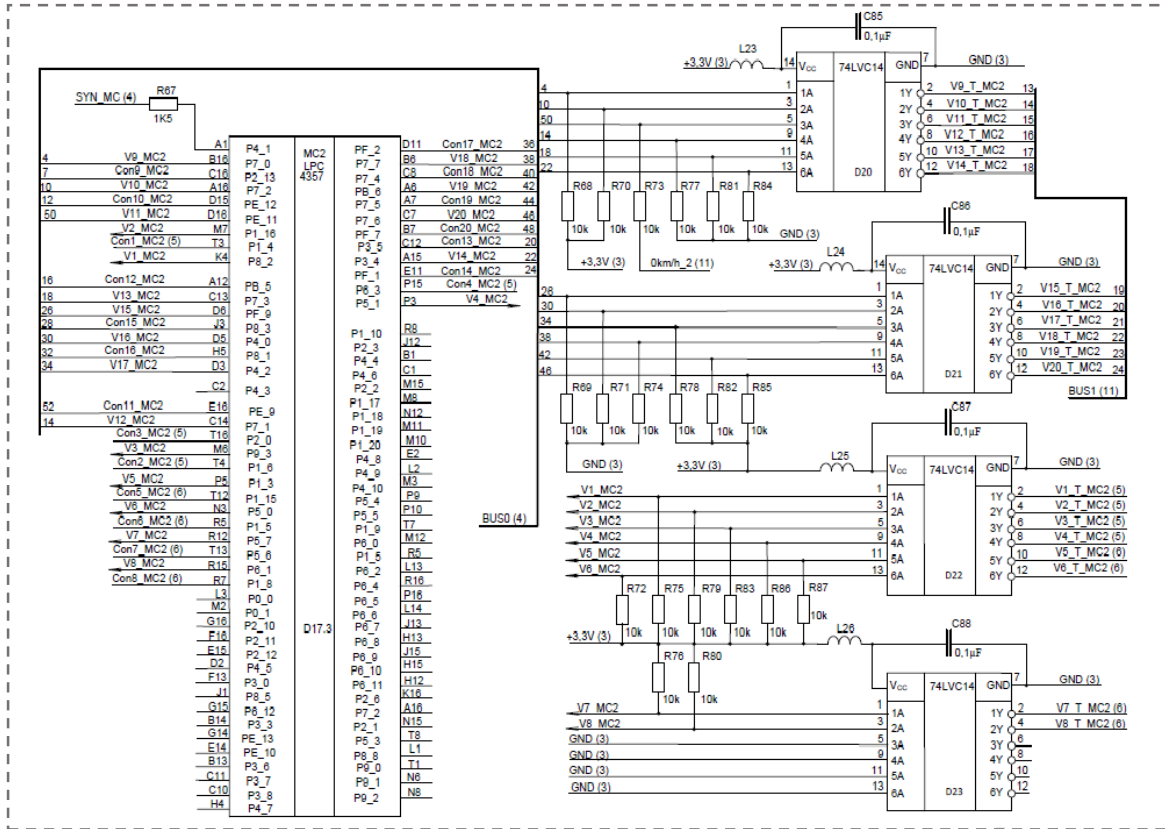
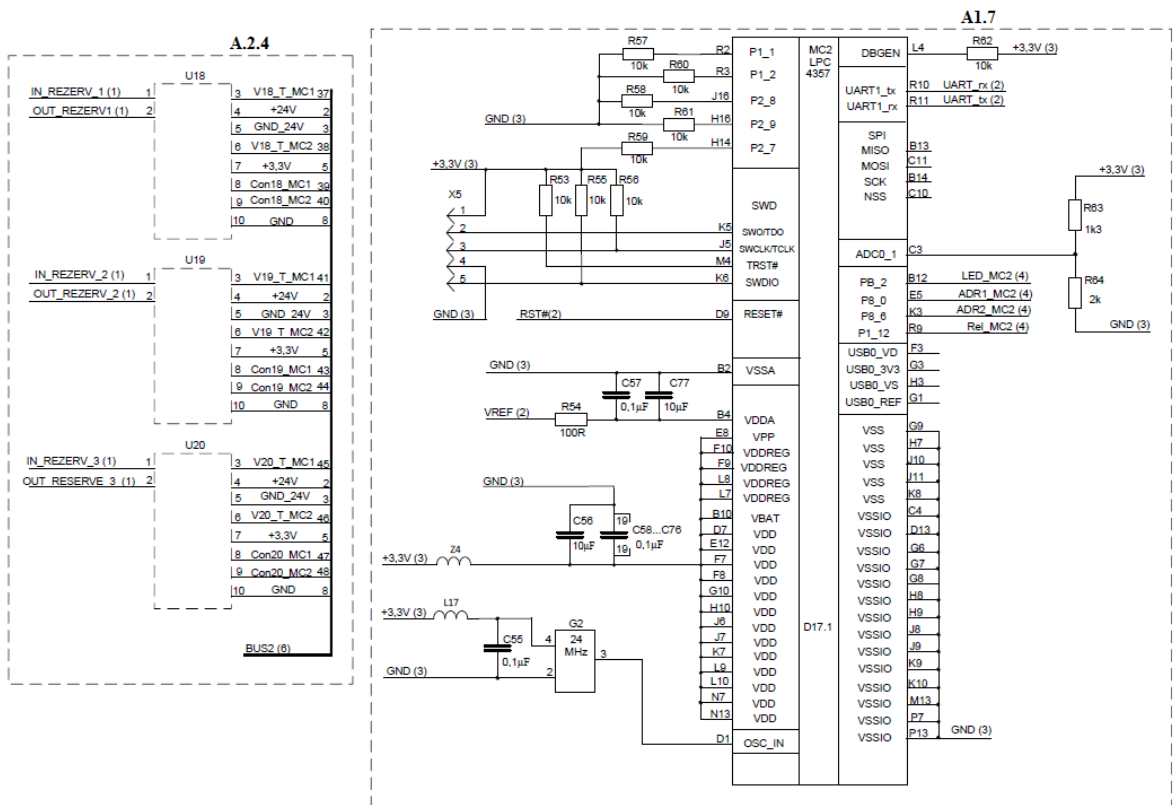


Рисунок Г.7



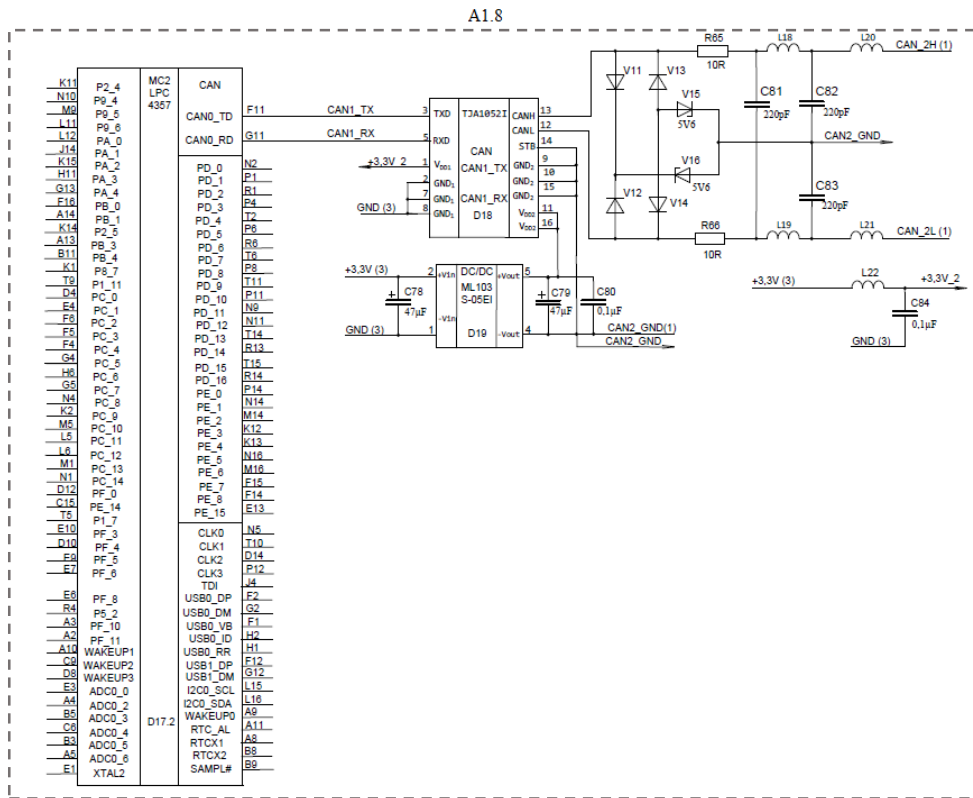


Рисунок Г.9

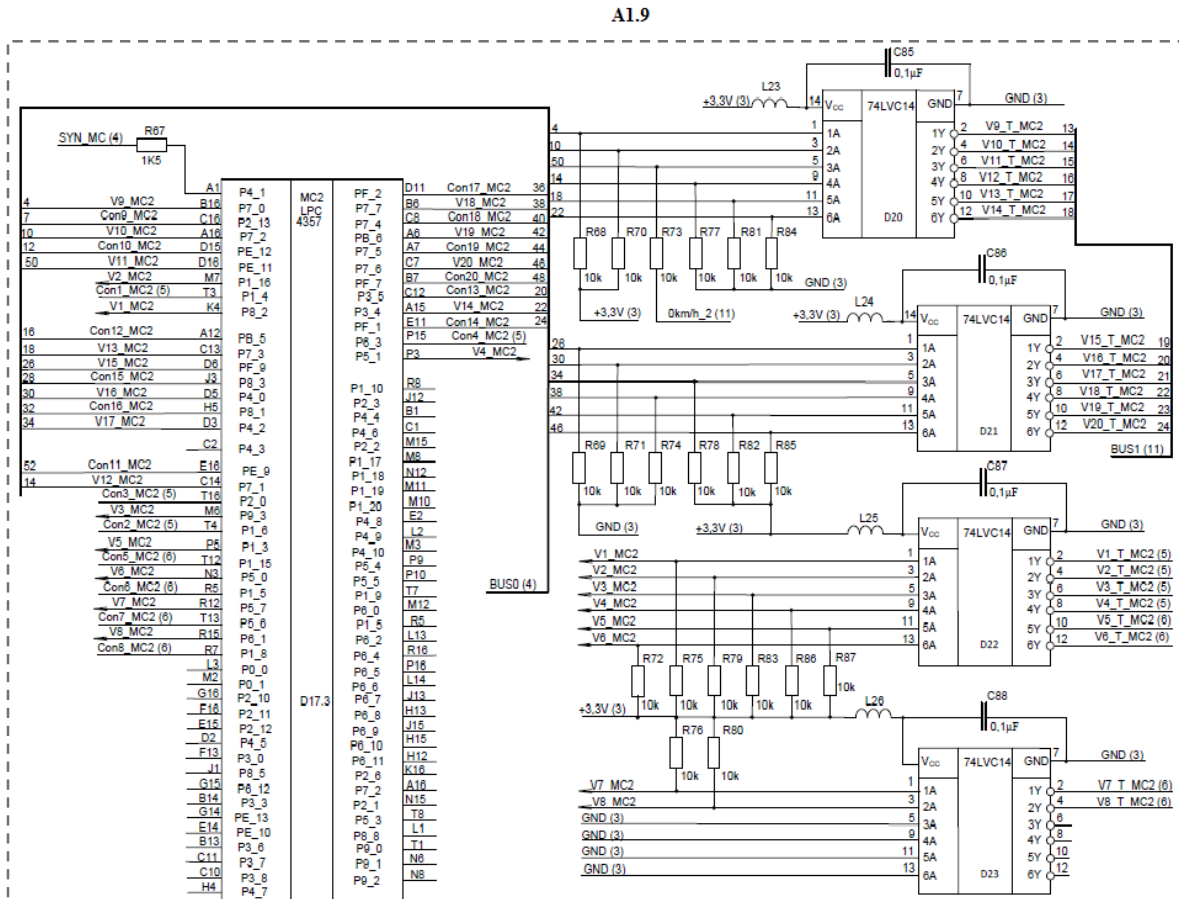


Рисунок Г.10

А1.10

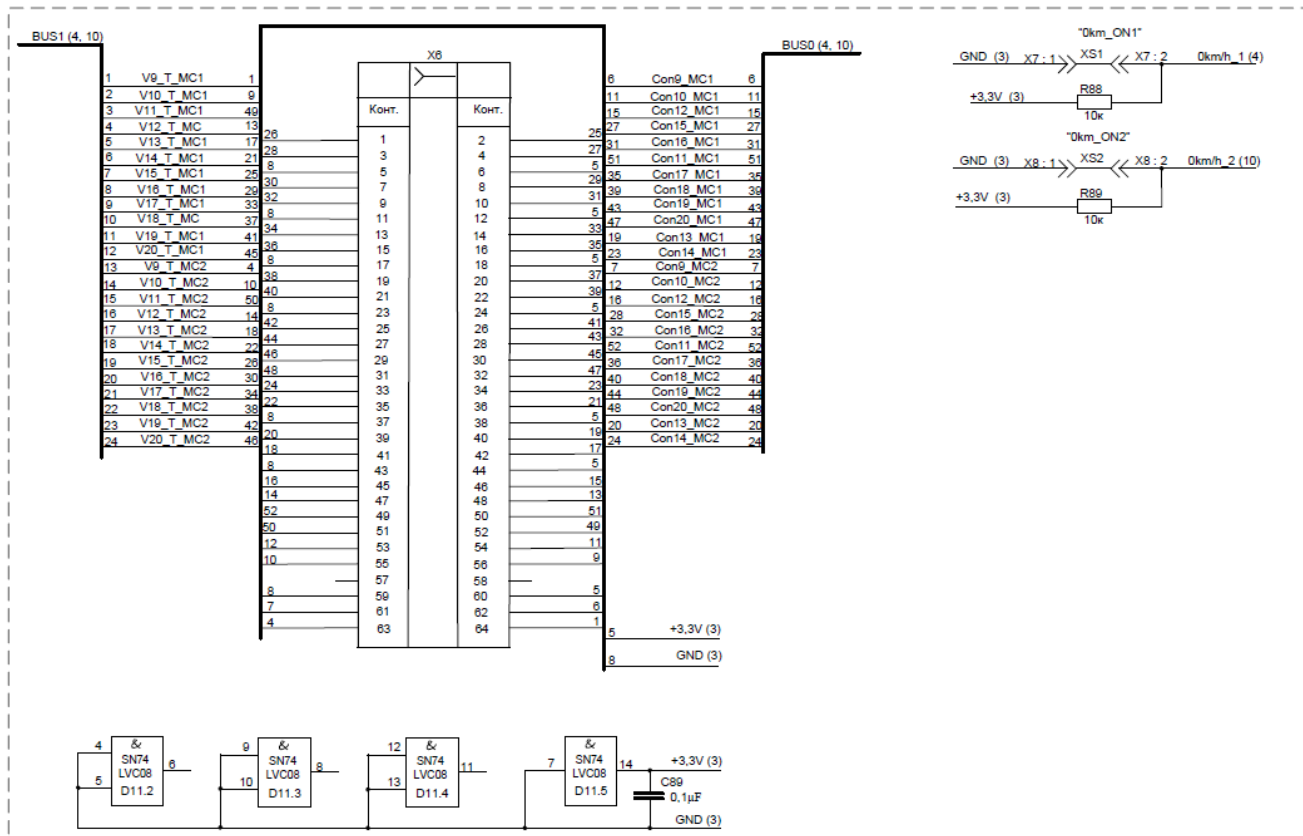


Рисунок Г.11



## Додаток Д



Рисунок Д.1 – Слайд №1

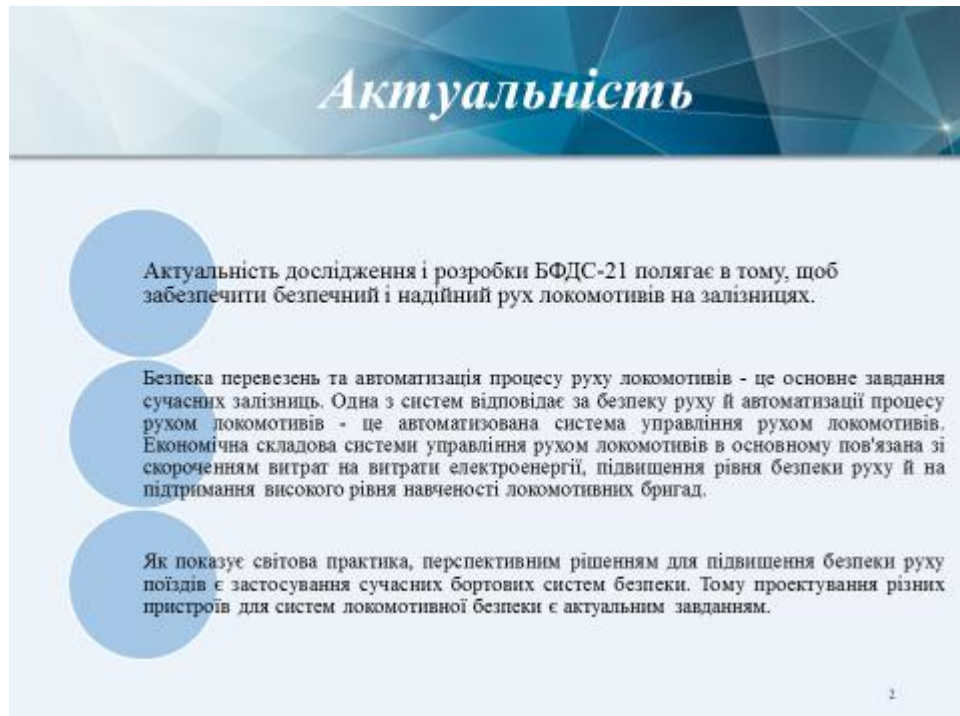


Рисунок Д.2 – Слайд №2



## Мета

Мета роботи полягала в розробці блока формування дискретних сигналів БФДС-21, який призначений для роботи в складі пристроїв перетворення і обробки УПО-1 і УПО-2. УПО-1 і УПО-2 є частиною системи локомотивної безпеки СЛБ-І.

### Основні задачі дипломного проекту:

- проаналізувати необхідні технічні характеристики БФДС-21;
- розробити структурну схему БФДС-21;
- розробити схеми електричні принципів БФДС-21 .

3

Рисунок Д.3 – Слайд №3

## Розділ 1

### Система локомотивної безпеки СЛБ-І

Може застосовуватися:

- на залізницях, в тому числі на швидкісних і високошвидкісних участках з автономної і електричною тягою постійного і змінного струму, обладнаних пристроями автоматичної локомотивної сигналізації (АЛС), багатозначною автоматичної локомотивної сигналізації (АЛС-ЄП);
- на ділянках залізниць, обладнаних системою координатного регулювання руху поїздів на базі цифрового радіоканалу.

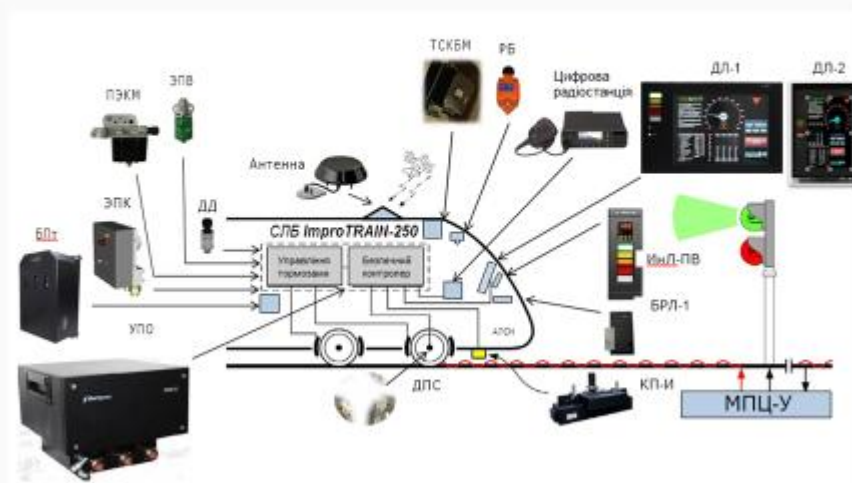
Основні функції:

- визначення швидкості і координат локомотива;
- формування значення допустимої швидкості руху;
- індикація необхідної інформації для машиніста і його помічника;
- забезпечення гальмування при перевищенні фактичної швидкості над допустимою швидкістю;
- запис на знімну касету реєстрації параметрів руху локомотива.

4

Рисунок Д.4 – Слайд №4

## Склад системи локомотивної безпеки



5

Рисунок Д.5 – Слайд №5

## Аналіз аналогів

При аналізі нинішніх представників БФДС-21, найближчим аналогом є блок БКР-У-1М. Блок БКР-У-1М входить до складу комплексного локомотивного пристрою безпеки уніфікованого КЛУБ-У.

Пристрій КЛУБ-У призначений для забезпечення безпеки руху, попередження аварійних ситуацій завдяки застосуванню примусового гальмування або зупинки поїзда. Блок комутації і реєстрації БКР-У-1М підключається до локомотивного блоку електроніки і призначений для здійснення всіх зв'язків пристрою з периферійними пристроями, для ввічання живлення пристрою, а також для їх перемикання при зміні кабіни управління локомотивом.

Недоліками БКР-У-1М є застаріла елементна база і недостатність сигнальних показань для оперативного прийняття рішень, відсутність залежної гнучкості у виборі оптимального швидкісного режиму, складність алгоритмів обробки сигналів вимірювання і недостатня точність визначення координати локомотива і його швидкості. Це веде до зникнення надійності управління інтервальним регулюванням і безпекою руху поїздів на залізничній магістралі.

6

Рисунок Д.6 – Слайд №6

## Розділ 2

### Розробка апаратної частини

- призначення і характеристика БФДС-21;
- склад БФДС-21;
- вибір елементної бази:
  - 1) мікроконтролер STM32F405 фірми ST Microelectronics;
  - 2) мікроконтролер LPC4357 фірми NXP Semiconductors;
  - 3) DC/DC перетворювач ML103S-05EI Micro Power Direct;
  - 4) DC/DC перетворювач RP08-243.3SAW Recom;
- опис вузлів БФДС-21;
- функціонування БФДС-21.

7

Рисунок Д.7 – Слайд №7

### Призначення і характеристика БФДС-21

БФДС-21 забезпечує обмін даними з трьома блоками керування по магістралях CAN1 і CAN2. Для реалізації CAN-інтерфейсу БФДС-21 застосовує вбудовані в мікроконтролери STM32F405ZGT7 і LPC4357JET256E CAN контролери.

8

Рисунок Д.8 – Слайд №8

## *БФДС-21 виконує наступні функції:*

- ✓ виконує прийом даних від трьох блоків управління і від дисплея локомотивного ДЛ-1 або ДЛ-2, обробляє і видає дані по двом CAN-магістралям.
- ✓ формує дискретні сигнали в кількості 20 шт.
- ✓ перетворює вхідну напругу 24 V в напругу електроживлення мікросхем 3,3 V;
- ✓ забезпечує обмін даними між мікроконтролерами STM32F405 і LPC4357 по каналу UART зі швидкістю 230 Kbit/s;
- ✓ контролює напругу електроживлення 3,3 V, 50 V і температуру БФДС-21;
- ✓ формування на індикаторі «ИСПР» ознаки справності БФДС-21.

9

Рисунок Д.9 – Слайд №9

## *Склад БФДС-21*

***Для реалізації функцій БФДС-21 складається з таких основних вузлів:***

- два мікроконтролерні вузла, кожен з яких містить мікроконтролер з відповідними схемами початкового завантаження і тактування;
- два вузли CAN-інтерфейсу;
- вузли формування потенційних дискретних сигналів і сигналів «сухий контакт» в загальній кількості 20 шт., кожен вузол яких містить вузли:
  - два вузла комутації дискретного сигналу, керовані МП і МП1 відповідно;
  - вузол контролю справності ключів, керований вузлами МП, МП1;
- вузол живлення, який призначений для перетворення вхідної напруги 24 V в напругу 3,3 V для живлення внутрішніх ланцюгів БФДС-21;
- вузол контролю напруги живлення і температури;
- вузол індикації.

10

Рисунок Д.10 – Слайд №10



## Основні параметри мікроконтролерів

Основні параметри	STM32F405ZGT7	LPC4357JET256E
Процесорне ядро	ARM 32-bit Cortex™-M4	ARM 32-bit Cortex™-M4
Максимальна частота ядра	168 MHz	204 MHz
Об'єм flash-пам'яті	1 MBytes	1 MBytes
Об'єм системної RAM	192 kBytes	136 kBytes
Число каналів CAN-інтерфейсу	2	2
Наявність додаткових інтерфейсів	SPI, UART, USART	SPI, UART, USART
Кількість портів входу/виходу	114	164
Діапазон робочих температур	От – 40 °C до + 105 °C	От – 40 °C до + 105 °C

11

Рисунок Д.11 – Слайд №11

## Основні характеристики DC/DC перетворювачів напруги

Основні характеристики ML103S-05EI:

- номінальна вхідна напруга – 3,3V;
- діапазон вхідної напруги – 2,97 V - 3,63V;
- вхідний струм (повне навантаження) – 415 mA;
- вхідний струм (без навантаження) – 25 mA;
- вихідна напруга – 5 V;
- вихідний струм (max) – 303 mA;
- вихідний струм (min) – 30 mA;
- ефективність – 78%.



Основні характеристики RP08 243.3 SAW:

- номінальна вхідна напруга – 24V;
- діапазон вхідної напруги – 9 V - 36V;
- вихідна потужність – 8 W;
- вихідний струм – 2400 mA;
- вхідний струм – 388 mA;
- вихідна напруга – 3.3 V;
- вихідний струм (max) – 303 mA;
- вихідний струм (min) – 30 mA;
- ефективність – 85%.

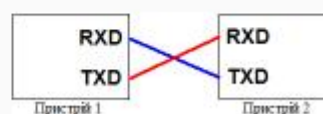
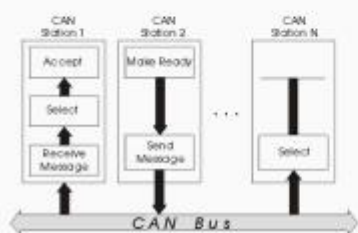
12

Рисунок Д.12 – Слайд №12

## CAN-інтерфейс і UART-інтерфейс

**CAN (Control Area Network)** — послідовна магістраль, що забезпечує ув'язку в мережу "інтелектуальних" пристроїв вводу/виводу, датчиків і виконавчих пристроїв певного механізму або навіть підприємства.

**UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)** - універсальний асинхронний приємопередавач, інтерфейс для зв'язку цифрових пристроїв, призначений для передачі даних в послідовній формі. Інтерфейс UART має дві сигнальні лінії – RxD і TxD. RxD – лінія прийому даних, а TxD – передачі



13

Рисунок Д.13 – Слайд №13

## Робота БФДС-21

- Дані, що надходять по магістралі CAN1, надходять у мікроконтролер STM32F405ZGT7 і транслюються по каналу UART в мікроконтролер LPC4357JET256E. Дані, що надходять по магістралі CAN2, надходять у мікроконтролер LPC4357JET256E і транслюються по каналу UART в мікроконтролер STM32F405ZGT7. Швидкість обміну по магістралях CAN складає 120 kbit/s. Вузли CAN-інтерфейсу містять схеми фільтрації від наносекундних, мікросекундних перешкод.
- Для здійснення гальванічної розв'язки кожен CAN вузол містить DC/DC перетворювач ML103S-05EI Micro Power Direct.

14

Рисунок Д.14 – Слайд №14

# Структурна схема БФДС-21



Рисунок Д.15 – Слайд №15

# *Схема електрична принципова БФДС-21*



Рисунок Д.16 – Слайд №16

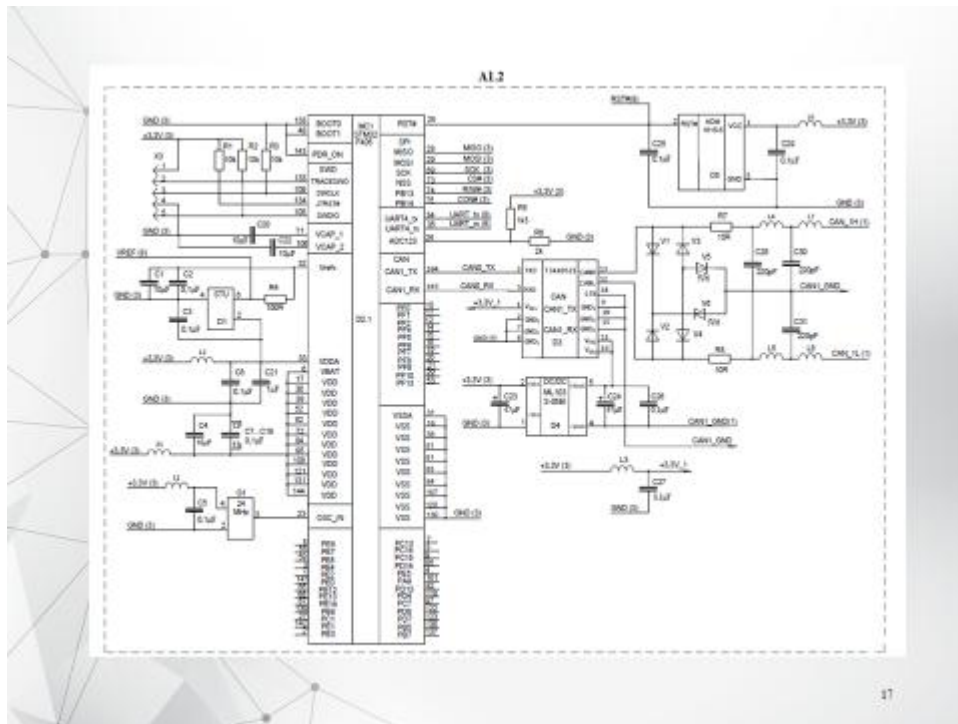


Рисунок Д.17 – Слайд №17

## Висновки

Під час написання дипломної роботи було розроблено образну тему, а саме блок формування дискретних сигналів БФДС-21. Розбираючи цю тему, було сформульовано загальну концепцію БФДС-21: блок формування дискретних сигналів, призначений для роботи в складі пристроїв перетворення і обробки УПО-1 і УПО-2. УПО-1 і УПО-2 є частиною системи локомотивної безпеки СЛБ-1.

Було розглянуто основні функції БФДС-21:

- виконує прийом даних від трьох блоків управління і від дисплея локомотивного ДЛ-1 або ДЛ-2;
- формує вихідні дискретні сигнали в кількості 20 шт.;
- обробляє і видає дані по двом CAN-магістрах;
- перетворює вхідну напругу 24 V в напругу електроживлення мікросхем 3.3 V;
- забезпечує обмін даними між мікроконтролерами STM32F405 і LPC4357 по каналу UART зі швидкістю 230 Kbit/s;

Розглянуто основні вузли БФДС-21:

- два мікроконтролери вузла, кожен з яких містить мікроконтролер;
- два вузли CAN-інтерфейсу;
- вузли формування потенціальних дискретних сигналів і сигналів «сухий контакт» в загальній кількості 20 шт.;
- вузол живлення;
- вузол контролю напруги живлення і температури;
- вузол індикації.

А також розроблені структурна і принципова схеми БФДС-21. З результату розробки БФДС-21 слідує, що даний пристрій відповідає пред'явленим до нього вимогам. БФДС-21 призначений для застосування в системі локомотивної безпеки.

Рисунок Д.18 – Слайд №18



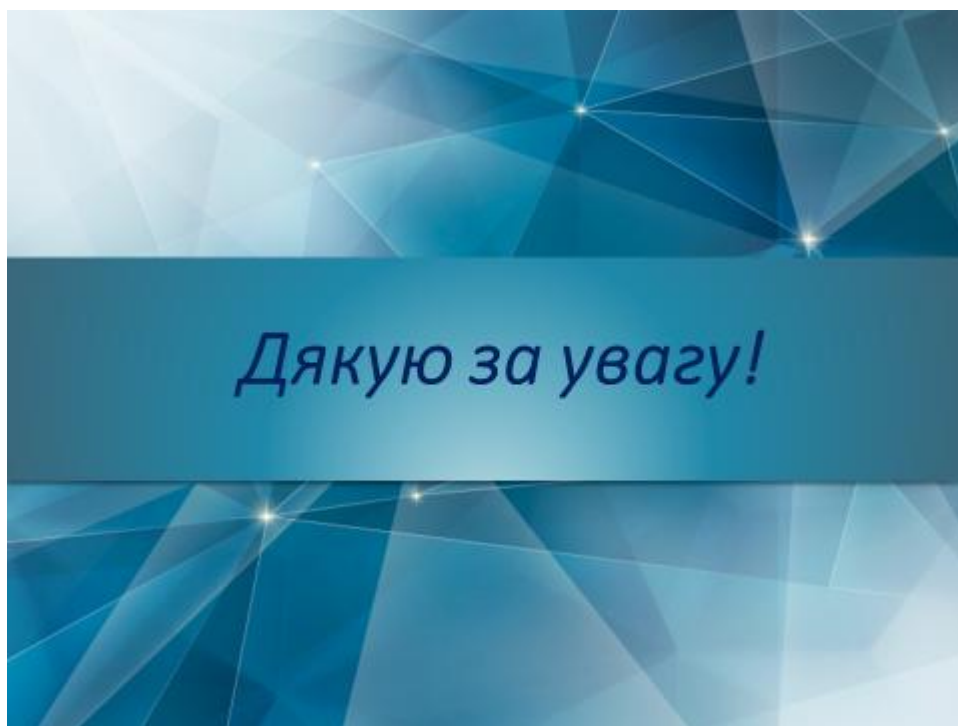


Рисунок Д.19 – Слайд №19