

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Другий (магістерський)
Освітній рівень

Метод керування автономним мобільним роботом

Назва теми

КВРАКІТ.2022164.01.02.ПЗ

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Шифр, назва

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Назва

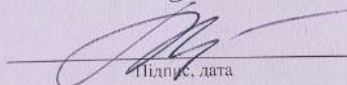
Виконав:

студент II курсу, група АКІТм-22-1


Підпис

Ярослав ГРОЗМАНІ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник


Підпис, дата

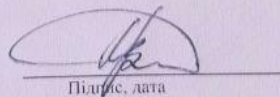
Галина РАДЕЛЬЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер


Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
зав. кафедри автоматизації,
комп'ютерно-інтегрованих
технологій та робототехніки


Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

«20» грудня 2023 р.

Хмельницький 2023

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки
Освітній рівень другий (магістерський)
Галузь знань 15 - Автоматизація та приладобудування
Спеціальність 151 - Автоматизація та комп'ютерно інтегровані технології
Освітньо-професійна програма Автоматизація та комп'ютерно інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедрою АКТІТ 7єР
Мартинюк В. В.
" 01 " 09 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІНУ РОБОТУ**





Грозмані Ярославу Олеговичу

1. Тема роботи Метод керування автономним мобільним роботом
Керівник роботи Радельчук Галина Іванівна, к.т.н., доцент
Затверджено наказом ректора університету від « 15 » 08 2023р. № 30
2. Строк подання студентом роботи на кафедру 01.12.2023 р.
3. Вихідні дані до роботи (характеристика об'єкта, умов дослідження та ін.)
Мета роботи моделювання системи керування автономним мобільним роботом,
для виконання необхідних аналітичних досліджень роботи системи керування в
якості цифрового двійника.
Об'єкт дослідження - процеси в системі автоматизованого керування автономним
мобільним роботом.
Предмет дослідження - алгоритми та методи керування автономним мобільним
роботом на основі мікроконтролерів.
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ. Проблематика розробки системи керування автономним мобільним роботом.
Моделювання автоматичної системи керування автономним мобільним роботом.
Розроблення методу керування автономним мобільним роботом. Дослідження
системи керування автономним мобільним роботом. Висновки.

Завдання отримав

Науковий керівник

Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Нормоконтроль	Людмила КОРЕЦЬКА к.т.н., доцент		
Антиплагіат	Микола ФЕДУЛА к.т.н., доцент		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Вступ	20.09.2023р.	виконано
2	Проблематика розробки системи керування автономним мобільним роботом	15.10.2023р.	виконано
3	Моделювання автоматичної системи керування автономним мобільним роботом	30.10.2023р.	виконано
4	Розроблення методу керування автономним мобільним роботом	15.11.2023р.	виконано
5	Дослідження системи керування автономним мобільним роботом	25.11.2023р.	виконано
6	Висновки	30.11.2023р.	виконано
7	Оформлення пояснювальної записки до КРМ	01.12.2023р.	виконано
8	Оформлення презентаційних матеріалів	01.12.2023р.	виконано

Студент

Керівник роботи


Підпис

Грозмані Я.О.
Прізвище, ініціали

Радельчук Г.І.
Прізвище, ініціали

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Метод керування автономним мобільним роботом»

Автор роботи: Грозмані Ярослав Олегович

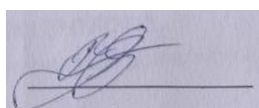
Керівник роботи: Радельчук Галина Іванівна

Пояснювальна записка: 87 стор., 45 рис., 3 дод., 54 джерела.

Графічна частина: 18 презентаційних слайдів.

АВТОНОМНИЙ МОБІЛЬНИЙ РОБОТ, КЕРУВАННЯ РОБОТОМ, МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ БЛОК КЕРУВАННЯ, МАНІПУЛЯТОР, ХОДОВА ЧАСТИНА, СОНАР, ISP БЛОК.

Мета роботи: моделювання системи керування автономним мобільним роботом, для виконання необхідних аналітичних досліджень роботи системи керування в якості цифрового двійника. Розглянуто керування автономний мобільним роботом. Виконано підбір та розрахунок мікроконтролерів та мікросхем. Виконано моделювання системи керування автономним мобільним роботом та досліджено його характеристики.



Підпис студента

15.12.2023

Дата

Зміст

	с.
ВСТУП	4
1 ПРОБЛЕМАТИКА РОЗРОБКИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АВТОНОМНИМ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ	7
1.1 Постановка технічного завдання проєктування автономного мобільного робота	8
1.2 Огляд та аналіз існуючих технічних рішень з проєктування автономного мобільного робота	10
1.3 Постановка завдань для системи керування автономним мобільним роботом	21
1.4 Висновки до першого розділу	21
2 МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АВТОНОМНИМ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ	23
2.1 Розроблення та опис структури керування автономним мобільним роботом	23
2.2 Опис структури керування автономним мобільним роботом	24
2.3 Підбір мікроконтролерів для керування автономним мобільним роботом	26
2.4 Висновки до другого розділу	33
3 РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДУ КЕРУВАННЯ АВТОНОМНИМ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ	34
3.1 Розроблення основного мікропроцесорного блоку керування	34
3.2 Розроблення блоку керування встановленим маніпулятором	41
3.3 Розроблення блоку керування ходовою частиною АМР	48
3.4 Розроблення блоку керування сонарами для АМР	50
3.5 Розроблення блоку контролю стану живлення АМР	54
3.6 Розроблення ISP блоку для АМР	58
3.7 Висновки до третього розділу	60

4 ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АВТОНОМНИМ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ	61
4.1 Аналітичні дослідження блоків керування АМР	61
4.2 Розроблення програмного забезпечення АМР	67
4.3 Висновки до четвертого розділу	78
ВИСНОВКИ	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	81
ДОДАТКИ	87

ВСТУП

Загально відомо, що робототехніка - є одним із перспективних напрямків на сучасному етапі розвитку обчислювальної техніки [1-6]. Робототехнічні системи (РС) різної конфігурації та просторової будови знайшли використання в науково-дослідній діяльності та багатьох галузях промисловості, а крім того і в різних сферах діяльності людини. Розробка систем керування (СК) робототехнічними системами так само актуальна і не менш необхідна ніж розробка інших СК для обчислювальної техніки.

Існує кілька різновидів РС, і один з яких - це автономні мобільні роботи (АМР). Даний тип призначений для роботи в умовах, які не дають можливості використовувати РС передачу інформації чи живлення за допомогою радіоканалів або стаціонарних кабельних ліній. Такі моделі знайшли своє застосування в місцях, важкодоступних для людини та ізольованих від доступу радіохвиль або з відсутністю можливості прокладання кабелю живлення чи шини даних від РС до стаціонарної СК [1-6].

Темою даної кваліфікаційної роботи магістра є розробка СК для АМР, що базується на адаптивному керування з можливістю контролю та керування людиною-оператором.

Метою роботи є моделювання системи керування автономним мобільним роботом, для виконання необхідних аналітичних досліджень роботи системи керування в якості цифрового двійника.

Для досягнення даної мети роботи необхідно вирішити наступні **завдання**:

- розглянути СК автономним мобільним роботом розроблену на основі мікроконтролерів;
- здійснити підбір та розрахунок необхідних мікроконтролерів та мікросхем;
- виконати моделювання СК автономним мобільним роботом та дослідити характеристики;

- розробити алгоритми керування блоками автономного мобільного робота.

Об'єктом дослідження є процеси в системі автоматизованого керування автономним мобільним роботом.

Предметом дослідження є алгоритми та методи керування автономним мобільним роботом на основі мікроконтролерів.

Методи досліджень.

Використовувались основні положення загальної теорії систем, теорії моделювання процесів та системного аналізу (ієрархічності, декомпозиції та ін.). Внаслідок проведення моделювання процесу та розроблення методу керування автономним мобільним роботом використано методи теоретико-множинних підходи, евристичні оцінки, алгебру систем, концептуального моделювання, апарат модельно-орієнтованих підходів, принципи побудови баз знань та формування логічного висновку.

Наукова новизна отриманих результатів: розроблено модель системи автоматичної керування автономним мобільним роботом в режимі реального часу.

Практична значимість отриманих результатів: розробленні програмно-технічні засоби для керування автономним мобільним роботом..

Апробація результатів дослідження: опубліковано повнотекстову статтю у фаховому виданні Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» Випуск №4, 2023 рік.

Дипломна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків до кожного розділу, висновків, списку використаних джерел, 4 додатки. Загальний обсяг роботи складає 87 сторінок комп'ютерного тексту, у тому числі: 45 рисунків, список використаних джерел вміщує 54 найменувань.

У вступі виконано опис актуальності обраної задачі, сформульовано завдання для досліджень та мету всієї роботи, представлено основні наукові результати та їх практичну цінність.

У першому розділі магістерської кваліфікаційної роботи наведено аналітичний огляд та аналіз існуючих технічних рішень з проектування автономного мобільного робота, описано основні принципи та специфіку. Розглянуто існуючу класифікацію систем керування. Виконано постановку завдань для автоматизації системи керування автономним мобільним роботом.

У другому розділі магістерської кваліфікаційної роботи представлено розроблення та опис структури керування автономним мобільним роботом, яка повинна мати модульну структуру, модернізація та зміна структури самого АМР тоді носитиме блоковий характер, оскільки не доведеться змінювати систему в цілому, а лише окремі блоки. Також виконано підбір необхідних мікроконтролерів для керування автономним мобільним роботом.

У третьому розділі магістерської кваліфікаційної роботи було виконано розроблення методу керування автономним мобільним роботом, а саме розроблення основного мікропроцесорного блоку керування, підбір компонентів, складання електричної схеми, розроблення блоку керування встановленим маніпулятором із складанням електричної схеми, розроблення блоку керування ходовою частиною, блоку керування сонарами, блоку контролю стану живлення та ISP блоку для АМР.

У четвертому розділі кваліфікаційної роботи магістра виконано аналітичні дослідження блоків керування АМР, а саме основного мікропроцесорного блоку керування із складанням блок-схеми алгоритму роботи, блоку керування встановленим маніпулятором із складанням блок-схеми алгоритму роботи, блоку керування ходовою частиною із складанням блок-схеми алгоритму роботи, блоку керування сонарами із складанням блок-схеми алгоритму роботи, блоку контролю стану живлення та ISP блоку для АМР із складанням блок-схеми алгоритму роботи. Виконано розроблення необхідного програмного забезпечення АМР.

У висновках по магістерській кваліфікаційній роботі наведено отримані результати роботи «Метод керування автономним мобільним роботом».

1 ПРОБЛЕМАТИКА РОЗРОБКИ СИТЕМИ КЕРУВАННЯ АВТОНОМНИМ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ

Прикладом даних РС можуть слугувати моделі, що застосовуються для дослідження печер чи труб водопостачання та інших геофізичних утворень, чи моделі, що використовуються для роботи під водою на великих глибинах. Так само такі АМР можуть знайти використання в космосі чи в галузях промисловості, що мають зв'язок із обробкою надзвичайно небезпечних речовин, де робота працівника-людини неможлива або небезпечна.

Поява в 70-х рр. мікропроцесорних СК і заміна спеціалізованих пристроїв керування на програмовані контролери (PLC) надали можливість зменшити вартість РС утричі, зробивши рентабельним масове впровадження в медицині, різних галузях промисловості, цивільній та, звичайно, військовій сферах [7-8]. Даному факту сприяли об'єктивні передумови розвитку промислового виробництва та СК РС [1-6].

У результаті дослідження [1-6], виявлено наступні принципи, що використовуються в СК РС:

- на основі адаптивного резонансу;
- на основі методу нечіткої логіки та стежачої системи технічного зору;
- на основі покрової нейронної системи;
- так звані, ВЕАМ-роботи - зазвичай являють собою набір аналогових ланцюгів (що в певній мірі копіюють біологічні нейрони), які дають можливість РС взаємодіяти з робочим оточенням;

- пристрій керування АМР на основі піксельних геометричних моделей;
- пристрій керування АМР на основі нейрода.

Крім того керування АМР може виконуватись наступними способами:

- керування людиною-оператором (наприклад, дистанційне керування);
- програмне керування - найпростіший тип СК, використовується для керування роботою маніпуляторів, що розташовані на промислових об'єктах. У

таких РС відсутня сенсорна частина, всі дії жорстко фіксовані та регулярно повторюються;

- адаптивне керування - РС з адаптивною СК оснащені сенсорною частиною. Сигнали, що передаються з датчиків, аналізуються, і в залежності від результатів приймається необхідне рішення про подальші дії, перехід до наступної стадії дій тощо;

- керування, що базується на використанні методів штучного інтелекту [1-6].

1.1 Постановка технічного завдання проектування автономного мобільного робота

На необхідно розробити СК для АМР, а також необхідне програмне забезпечення (ПЗ). СК повинна бути призначена для організації автономної взаємодії РС із іншими об'єктами, використовуючи маніпулятор в якості робочого органу, а також пересування в різних умовах навколишнього середовища. Загальне завдання, що покладається на створювану СК, можна сформулювати наступним чином - дослідження замкнутих просторів та автономне переміщення по ним.

АМР - це робот здатний виконувати завдання в неструктурованих середовищах без постійного керування людиною-оператором (рис. 1.1). Повністю АМР повинен мати наступні властивості [1-6]:

- отримання інформації про навколишнє середовище в реальному часі;
- робота протягом досить тривалого часу без втручання людини-оператора;
- містити в своїй конструкції блоки маніпуляторів, шасі та інших пристроїв для взаємодії із навколишнім середовищем.

Самі АМР в процесі експлуатації можуть набути або отримати нові можливості, наприклад нові алгоритми адаптації до швидко змінного навколишнього середовища або алгоритми досягнення поставлених завдань, за

допомогою перепрограмування МС розташованих безпосередньо на платі керування. Самі АМР, як і раніше, потребують регулярного технічного обслуговування нарівні з іншими машинами та РС [1-6, 55].

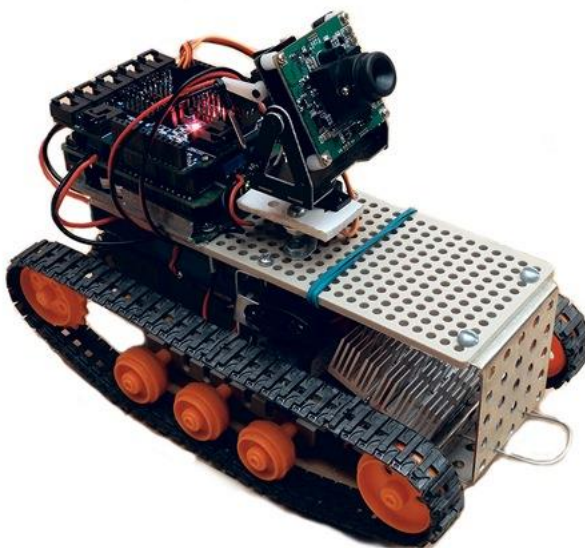


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд АМР на прикладі гусеничного Bluetooth-роботу

Згідно з технічним завданням уся створювана система повинна бути достатньо автономною, тобто система повинна володіти функціями самодіагностики та самоконтролю, також у СК повинно бути програмно закладена функція прийняття рішень при виникненні позаштатних ситуацій. Бездротовий пристрій сполучення із зовнішнім PLC або комп'ютером дасть можливість перемикає СК в ручний режим при виникненні потреби.

Тому необхідно дослідити можливі приклади реалізацій СК РС, спроектувати подібну систему, підібрати необхідну елементну базу та розробити схеми сполучення мікропроцесорного блока із пристроями керування [55].

Можливо зробити наступні припущення - СК являє собою комплекс програмно-апаратних засобів. Схемна реалізація включатиме мікропроцесорний блок та окремі блоки сполучення із пристроями керування, наприклад:

- основний процесорний модуль (ядро) АМР - забезпечуватиме контроль над блоками АМР, виконуватиме програму дій АМР;

- виконавча частина - блок, що керує маніпуляторами будь-якої конфігурації та ходовою частиною АМР, яка дає змогу виконувати рух;
- блок сенсорів АМР - це зв'язок АМР із навколишнім середовищем, за допомогою якого АМР будуватиме свої подальші дії. Як давачі найчастіше використовують лазерні та інфрачервоні далекоміри, ультразвукові радары чи сонари, відеокамери із системою сегментації зображення, спеціальні тактильні сенсори;
- блок живлення - пристрій для автономного живлення, найчастіше - акумулятор. Але наразі існує перспектива використання в якості джерела живлення конденсаторів надвеликої ємності або портативних генераторів, що працюють на рідкому паливі. Так само блок живлення повинен бути оснащений давачами стану елемента живлення (наприклад, давач контролю споживаного струму або давач розряду акумулятора).

Модульна структура АМР дасть можливість виконувати досить гнучку модифікацію СК у разі зміни самої конфігурації АМР. Наприклад, під час заміни ходової частини АМР з гусеничного приводу на крокуючий механізм достатньо буде внесення необхідних змін лише в блок керування приводом, залишивши всі інші модулі без зміни [9, 10].

Тому, крім розробленої схеми СК, необхідно виконати розрахунки схеми, вибрати та обґрунтувати елементну базу для схеми електричної принципової, а також розробити необхідні алгоритми програм керування.

1.2 Огляд та аналіз існуючих технічних рішень з проєктування автономного мобільного робота

АМР є досить універсальні за конструкцією та виконанням і тому можуть бути застосовані в різних галузях. Стосовно використання РС в військових цілях і в надзвичайних ситуаціях пріоритетне значення мають технічні «властивості» АМР та придатність до експлуатації в жорстких та екстремальних умовах

навколишнього середовища, а також можливість забезпечити захист людей-операторів. При використанні АМР в цивільних галузях промисловості найбільше значення надається їх економічній ефективності [55].

1.2.1 Огляд джерел інформації з проектування та розробки АМР [11-15]

Основна частина джерел інформації націлена на розробку невеликих АМР, для яких можливо виконати складання в домашніх умовах. Можливо відзначити наступні книги:

- «Створюємо пристрої на мікроконтролерах» [11] - являє собою практичний посібник із розробки електронних схем із використанням мікроконтролерів та спеціальних керуючих програм до них. В джерелі наведено ряд практичних прикладів, які від простого до складного розкривають принципи побудови схем та написання спеціальних програм для мікроконтролерів;

- «Складання та програмування мобільних роботів у домашніх умовах» [12], досить детально описується елементна база роботів: мікроконтролери, їхня архітектура та необхідні системи команд, типи давачів, що використовуються, силових контролерів та електродвигунів для роботів. Детально описано конструкції декількох АМР (наприклад, «робот F», «робот – Сумо», «робот-мураха» тощо), збірку конструкцій яких можливо виконати вдома: електронні схеми, креслення друкованих плат та розміщення радіоелементів, з'єднання складових частин; лістинги програм, частина яких наведено в Assembler, частина - мовами Basic та C. Крім того в джерелі розглянуто спеціально розробленої об'єктно-орієнтованої мови, на основі якої створено мову EGO, та покращеного методу програмування за допомогою використання прискореного створення прототипу, що його пропонує французька фірма Controlord;

- «Програмовані роботи. Створюємо робота для своєї домашньої майстерні» [13] докладно розглядаються елементи схем, що використовуються в пристроях числового програмного керування: інтегральні МС, контролери крокових електродвигунів і самі електродвигуни, мостові драйвери та інші

елементи. Виконано опис технології виготовлення друкованих плат у домашніх умовах методом термічного перенесення електрографічного зображення з паперу на поверхню фольгованого пластику.

Представлено різні схеми керування кроковими електродвигунами, на основі яких запропоновано конструкцію саморобного універсального верстата із числовим програмним керуванням (ЧПК) для використання в домашніх умовах та відповідне програмне забезпечення. Описи супроводжуються великою кількістю фотографій, що відповідають поетапному виготовленню верстата з ЧПК;

- «Створення роботів у домашніх умовах» [14] - присвячена основам радіоелектроніки, робототехніки та програмування мікроконтролерів для роботів крок за кроком, практично з нуля. Крім того автори уникаючи складних математичних формул, на практиці пояснюють фізику процесів, що відбуваються в АМР, включно з електронними схемами, електродвигунами, давачами, джерелами живлення та, відповідно, мікроконтролерами. Описано способи механічного складання та монтажу електронних схем. До книжки додається креслення друкованої плати, на якій зручно виконувати монтаж схеми представлених експериментів, кожен експеримент супроводжується переліком необхідних деталей, які легко знайти в магазинах радіоелектроніки, а також переліком необхідних інструментів для складання. Наведено лістинги програм керування АМР з докладними коментарями. Представлені матеріали дають можливість самостійно виконати побудову АМР, що орієнтується на джерело світла чи звуку, АМР, що може знайти вихід із лабіринту, ультразвуковий далекомір і компас тощо;

- «Програмований робот, керований з КПК» [15] присвячена керуванню АМР за допомогою використання кишенькових персональних комп'ютерів (КПК) зі встановленням бездротового зв'язку по, наприклад, ІЧ-каналі. Автор систематизував відомості щодо стандартів зв'язку IrDA, елементної бази електроніки АМР, необхідного прикладного ПЗ для КПК. Джерело дасть змогу

виконати всі етапи роботи зі складання, програмування та налаштування дистанційно керованого по КПК АМР, створеного самостійно.

1.2.2 Основні тактичні задачі, які можуть бути вирішені за допомогою використання АМР [15, 16]

В тій чи іншій мірі використання АМР в інтересах спецслужб та підрозділів поліції можливе при виконанні операцій будь-якого типу. Однак найбільш доцільно використовувати АМР при проведенні піротехнічних робіт та антитерористичних операцій.

При такому використанні АМР можливе вирішення наступних тактичних завдань:

1) при виконанні антитерористичних операцій:

- доставка та застосування спецзасобів нелетальної дії;
- ведення радіоелектронної аудіо- та відеорозвідки об'єктів та територій;
- руйнування штучних перешкод (двері, стіни);
- встановлення радіоелектронних перешкод, димових та спеціальних завіс;
- проникнення на захоплені об'єкти та об'єкти під охороною;
- ведення вогню для відволікання, виявлення вогневих позицій

противника.

2) при проведенні піротехнічних робіт:

- пошук та діагностування вибухових пристроїв;
- знешкодження та евакуація вибухових пристроїв;
- знищення вибухових пристроїв;
- проведення хімічної чи радіаційної розвідки об'єктів та територій.

3) при охороні об'єкту:

- патрулювання територій або периметру об'єкта;
- виконання нейтралізації порушників периметру.

Перераховані операції можуть бути виконані на різних об'єктах та в різних умовах:

- на об'єктах суспільного транспорту (міський, автомобільний, залізнодорожній, морський, авіаційний транспорт);
- в місцях проживання або роботи людей (квартири, будинки, офіси тощо);
- на об'єктах міської інфраструктури (наприклад, каналізація, теплопостачальні станції, водогін та ін.);
- на промислових об'єктах (об'єкти хімічної промисловості, ядерного технологічного циклу тощо);
- на відкритій місцевості, на сильно пересіченій місцевості, в лісах і т.д.

Специфіка операцій, умови експлуатації та функціональне призначення АМР визначають його конструктивні особливості, ступінь складності СК, масогабаритні характеристики та склад встановленого спеціального обладнання.

До АМР зазвичай висувають наступні вимоги [15, 16]:

- АМР повинен мати високу рухливість та прохідність в міських умовах, всередині будівель та споруд, в зонах руйнування, на пересіченій місцевості, як на твердих гладких покриттях так і на деформованих ґрунтових;
- АМР повинен надійно діяти як в непередбачених природних умовах, так і в середовищі, спеціально створеній для життя людини (всередині будівель, в транспортних комунікаціях), вписуватись в міські транспортні потоки або рухатись в складі транспортних колон;
- конструкція АМР повинна забезпечувати його досить високу мобільність та швидке розгортання при виконанні спецоперацій [15, 16].

Для виконання вищенаведених завдань спецпідрозділи використовують наступні основні групи АМР:

Мобільний Робототехнічний Комплекс (МРК) – універсальні наземні АМР, призначені для роботи на об'єктах транспорту, промисловості, міської інфраструктури тощо або на відкритій слабо пересіченій місцевості.

МРК використовують у випадках:

- виконання розвідувальних операцій;

- бойовому забезпеченні спецоперацій (руйнування штучних загороджень, загороджувальний вогонь, розвідка боєм тощо);
- виконання піротехнічних робіт (пошук, знешкодження та транспортування вибухонебезпечних предметів та незнищених боєприпасів; проведення підривних робіт);
- забезпечення безпеки важливих об'єктів.

По масі (а, відповідно, і по мобільності) та основному призначенню МРК можливо класифікувати на чотири групи:

- зверх легкі МРК, масою до 35 кг включно (рис. 1.2);
- легкі МРК, масою до 150 кг включно;
- середні МРК, масою до 800 кг включно;
- важкі МРК, масою понад 800 кг [15, 16].



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд зверх легкого АМР

Спеціальні Робототехнічні Комплекси (СРК) – АМР, які здатні виконувати рух по вертикальним та нахиленим поверхням промислових об'єктів та транспортних засобів, а також в трубопроводах та досить вузьких місцях [15, 16];

Малогабаритні Дистанційно Пілотовані Літальні Апарати (МДПЛА) – повітряний АМР для проведення розвідки на відкритій місцевості, сильно пересіченій місцевості, в горах, в містах [15, 16].

Закладений в конструкцію більшості АМР модульний принцип будови дозволяє створювати багатофункціональні комплекси, використовуючи єдину транспортну систему в якості базової та формуючи робочу систему при встановленні змінного робочого органу або робочого обладнання та необхідної СК.

Для АМР масою до 800 кг включно розробляються оригінальні спеціалізовані транспортні модулі. Більш важкі РС використовують базові шасі, що серійно випускаються для військової та цивільної транспортної техніки (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд транспортного засобу РС розмінування фірми ETODS виконаний на базі розвантажувача типу «BOBCAT» [15, 16]

Конструктивно універсальні АМР представляють собою малогабаритні самоходні засоби, оснащені розвідувальною апаратурою, набором змінного робочого обладнання та інструментів [15, 16]. Розраховані на дистанційне керування людиною-оператором, який веде спостереження безпосередньо або через телевізійні камери. В склад встановлених на РС комплексів приладів та обладнання входять наступні:

- телевізійна апаратура, до чотирьох камер та портативні монітори, по яким людина-оператор виконує спостереження за місцевістю та керує роботою АМР;
- освітлювальні прилади (прожектори) для підсвічування при роботі вночі чи низькій освітленості вдень;
- рентгенівське обладнання для обслідування на місці знайденого об'єкту та визначення ступеню його небезпеки;
- маніпулятори для захвату та транспортування об'єктів;
- обладнання для знищення на місці вибухонебезпечних предметів (найбільше поширення отримали гідродинамічні руйнівники, які використовуються для знищення саморобних вибухових пристроїв в неметалевих оболонках, ацетиленові горілки для спалювання неметалевих мін та гладкоствольна зброя для стрільби важкими кулями-болванками);
- набір інструментів для розбирання, відокремлення або виводу із ладу окремих компонентів знайденого боєзапасу з метою його нейтралізації;
- набір стетоскопів для прослуховування роботи годинникових механізмів детонаторів уповільненої дії, а також дзеркал для дослідження окремих компонентів підозрілого об'єкту, розташованих в важкодоступних місцях.

Самі АМР виконуються на шасі із алюмінієвих сплавів та легованої сталі з колісною, гусеничною або швидко змінною (з колісної на гусеничну і навпаки) ходовою частиною (рис. 1.4). На шасі може бути змонтовано, як правило, повноповоротний маніпулятор, з можливістю встановлення змінного робочого органу, апаратури чи інструменту. В якості енергетичної установки найчастіше використовують електричні акумулятори, їх ємкості зазвичай достатньо для роботи протягом декількох годин, проте можливе використання ДВЗ або живлення від зовнішнього джерела електроенергії. При використанні акумуляторів привід ходової частини АМР та робочого обладнання зазвичай електромеханічний, а при ДВЗ – гідравлічний. Дистанційне керування роботою

АМР здійснюється по радіо (на відстані до 4000 м), по оптоволоконній лінії зв'язку (до 400 м), або по кабелю (до 100 м).



Рисунок 1.4 – Загальний вигляд АМР Castor фірми GIAT Industries, може бути оснащений або колісною або гусеничною ходовою частиною [15, 16]

Малі маса та габарити дистанційно керованих АМР допускають їх транспортування до місця виконання робіт легкими транспортними засобами, а їх вивантаження та завантаження виконується по легким апарелям своїм ходом. Низьке розташування центру ваги та наявність легких гусениць дозволяють АМР долати круті підйоми та спуски, в тому числі сходи, проникати в невеликі приміщення та працювати на обмеженій площі.

1.2.3 АМР, що використовуються для інспекції та ремонту підземних трубопроводів [15, 16]

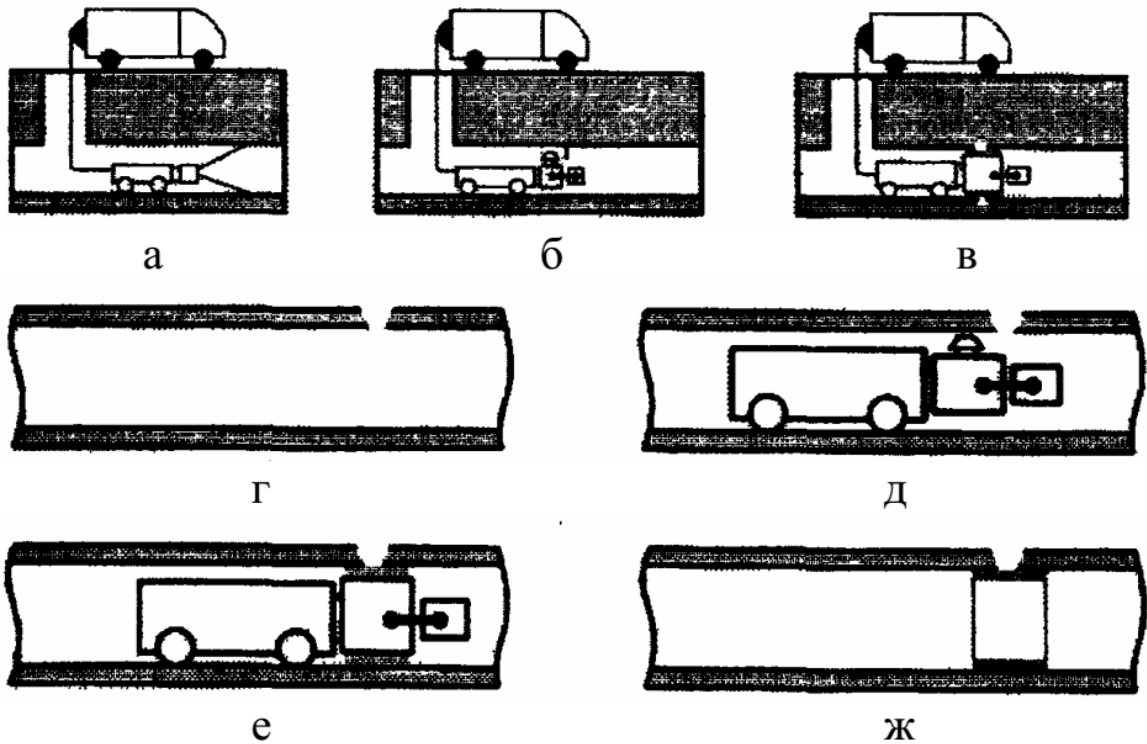
Проблема експлуатації та ремонту трубопроводів актуальна для водопровідних та каналізаційних мереж (особливо для великих міст), для нафто- та газопроводів, для каналів водозабору та скидання стоків. Використання АМР для обслуговування таких магістралей дозволяє попереджати техногенні та екологічні аварії та катастрофи та впровадити безтраншейні методи ремонту.

Роботизація дозволяє виконувати реновацію та санацію магістралей, проводити приймання нових та контроль за станом діючих магістралей, проводити екологічний моніторинг мереж, складати карти підземних комунікацій.

Наприклад, оглядовий робот типу Р-200 [15, 16] призначений для перевірки трубопроводів діаметром від 150 до 1200 мм. Даний АМР має набір змінних коліс та кольорову поворотну камеру. Керується АМР дистанційно людиною-оператором з посту керування, розміщеного в автомобілі (довжина кабелю керування/живлення до 200 м). Пост керування оснащено кольоровим монітор та цифровою системою документування на базі ЕОМ в промисловому виконанні. Камера оснащена пристроєм для наведення (механізми ротації та підйому) для виконання огляду стінок труби, блоки основного та додаткового освітлення, електромеханічний склоочисник, а також має дистанційний привід виконання фокусування. АМР має герметичне виконання, здатен працювати в воді, корпус накачується азотом для запобігання конденсації вологи всередині та запотівання скла камери. Приводи переміщення представляють собою мехатронні модулі типу «мотор-колесо» на базі електродвигунів постійного струму. Схема огляду магістралей представлена на рисунку 1.5, а. Крім системи технічного зору АМР оснащено давачем шляху, давачем кутів нахилу та диференту корпусу, давачами кутів орієнтування камери. Дані сенсори необхідні не лише для керування рухом АМР, але і для трасування залягання трубопроводу, дають необхідну інформацію про профіль труби та координати дефекту (тріщини) або про знаходження сторонніх об'єктів.

АМР може комплектуватись змінними робочими органами – фрезерними та бандажними головками для виконання ремонтних операцій всередині трубопроводу. Фрезерна головка призначена для виконання локальної зачистки поверхонь, підрізки виступаючих елементів (напливів, штирів), свердління, прорізки бокових відводів після санації трубопроводів пластиком. Зароблення дефектів виконується за допомогою бандажної головки, яка накладає кільцевий бандаж шириною до 100 мм із тканини зі спеціальним просочуванням. Схеми

ремонті дефекту в трубопроводі для ліквідації протікань без розкопування наведено на рисунках 1.5, б-ж.



- а) телеінспектування трубопроводу; б) підрізання елементів, що виступають;
 в) локальне заробляння дефекту; г) дефект в трубопроводі; д) зачистка за
 допомогою фрезерної головки; е) встановлення внутрішнього бандажу;
 ж) трубопровід після ремонту

Рисунок 1.5 – Схеми роботизованих операцій [15, 16]:

АМР є характерною мехатронною системою, коли проектно-конструкторське рішення по розробці сенсорної, електромеханічної та електричної частин необхідно приймати тільки взаємопов'язано, враховуючи вже на початковій стадії головний фактор ліміту, а саме, діаметр трубопроводу.

Перспективи розвитку АМР пов'язані з інтелектуалізацією пристроїв керування та сенсорів, що дозволить підвищити якість виконуваних операцій та автономність їх виконання [15, 16].

Автоматичне прийняття рішення АМР, без безпосередньої участі людини–оператора, доцільне при виконанні наступних операцій:

керування режимами роботи фрезерної головки на основі інформації про діючі сили та моменти;

- знаходження та розпізнання стороннього об'єкту в трубопроводі з використанням інформації системи технічного зору (СТЗ) та локаційних давачів;
- діагностика та вимірювання товщини стінки труби;
- планування траєкторії та швидкості руху при проходженні поворотів на базі сенсорних сигналів від двокомпонентного давача крену-диференту та давачів приводних модулів «мотор-колесо» [15, 16].

1.3 Постановка завдань для системи керування автономним мобільним роботом

Для досягнення мети кваліфікаційної роботи необхідно вирішити наступні завдання:

- розглянути СК автономним мобільним роботом розроблену на основі мікроконтролерів;
- здійснити підбір та розрахунок необхідних мікроконтролерів та мікросхем;
- виконати моделювання СК автономним мобільним роботом та дослідити характеристики;
- розробити алгоритми керування блоками автономного мобільного робота.

1.4 Висновки до першого розділу

Виконано аналітичний огляд та аналіз існуючих технічних рішень проектування автономного мобільного робота, описано основні принципи та

специфіку. Розглянуто існуючу класифікацію систем керування.

Виконано постановку завдань для автоматизації системи керування автономним мобільним роботом.

2 МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АВТОНОМНИМ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ

2.1 Розроблення та опис структури керування автономним мобільним роботом

АМР, СК якого розробляється та пропонується в даному проєкті, призначений для виконання роботи у місцях, де робота людини ускладнена або неможлива. АМР може працювати автономно, згідно заданої програми або керуватися вручну, через переносний пульт керування людиною-оператором.

Структура АМР буде наступною [55]:

- АМР оснащено механізмом переміщення (колісне або гусеничне шасі, гребні гвинти тощо), реалізованому за допомогою використання двох біполярних крокових електродвигуна;

- для виконання встановленої роботи АМР оснащений маніпулятором із мінімум шістьма ступенями свободи та використовує для роботи біполярні крокові електродвигуни із вбудованою системою контролю руху (тобто системою, що реєструє переміщення маніпулятора);

- АМР оснащений сенсорними пристроями (давачами сигналів) (наприклад, три сонари або лазерні далекоміри) для визначення місцезнаходження перешкод справа, зліва та попереду. Розроблення СК буде виконуватись для сонарних давачів;

- АМР оснащений системою зв'язку із пультом дистанційного керування (ДК) для людини-оператора. Це може бути пристрій бездротового зв'язку типу Bluetooth, радіо-трансивер, ІЧ-порт, звуковий/ультразвуковий пристрій зв'язку (наприклад, для керування під водою) тощо, необхідний для керування і програмування АМР;

- вся система АМР буде отримувати необхідне живлення від акумулятора з напругою в діапазоні 13-15 В. Зараз у продажу знаходиться досить багато

подібних акумуляторів, наприклад, мініатюрні акумулятори фірми Intellect, які зазвичай використовуються для радіокерованих моделей.

Оскільки СК для АМР повинна бути розроблена за модульною структурою, модернізація та зміна структури самого АМР носитиме блоковий характер, оскільки не доведеться змінювати систему в цілому, а лише окремі блоки [1-6, 9, 10, 55].

2.2 Опис структури керування автономним мобільним роботом

Виходячи з визначення АМР, даного в аналізі технічного завдання (розділ 1.1), а також складу АМР, СК повинна обов'язково містити наступні елементи (рис. 2.1) [55]:

- блок керування (БК) ходовою частиною - необхідний для переміщення у просторі;
- БК маніпулятором - необхідний для взаємодії із навколишнім середовищем за допомогою використання маніпулятора;
- БК сонарами - необхідний для дослідження навколишнього середовища АМР;
- блок контролю за станом автономного живлення - необхідний для здійснення контролю АМР за споживаним струмом;
- блок ISP (in-system programmability) для виконання перепрограмування мікроконтролерів основного блоку, а також інших блоків, виходячи із реальних ситуацій та навколишнього середовища.

Зв'язок даних блоків виконуватиметься за допомогою використання основного мікропроцесорного блоку, який буде обробляти отриману інформацію та передаватиме необхідні сигнали на органи керування, для приведення в рух сервомоторів шасі чи маніпулятора.

Для програмування, налаштування та керування, на нашу думку, найдоцільніше використовувати бездротовий інтерфейс (наприклад, ГЧ-порт) на

ДК, а для програмування із персонального комп'ютера - USB-порт.

Як було описано вище - основний процесорний модуль є ядром системи, що керує роботою всіх інших модулів [17-21, 55].

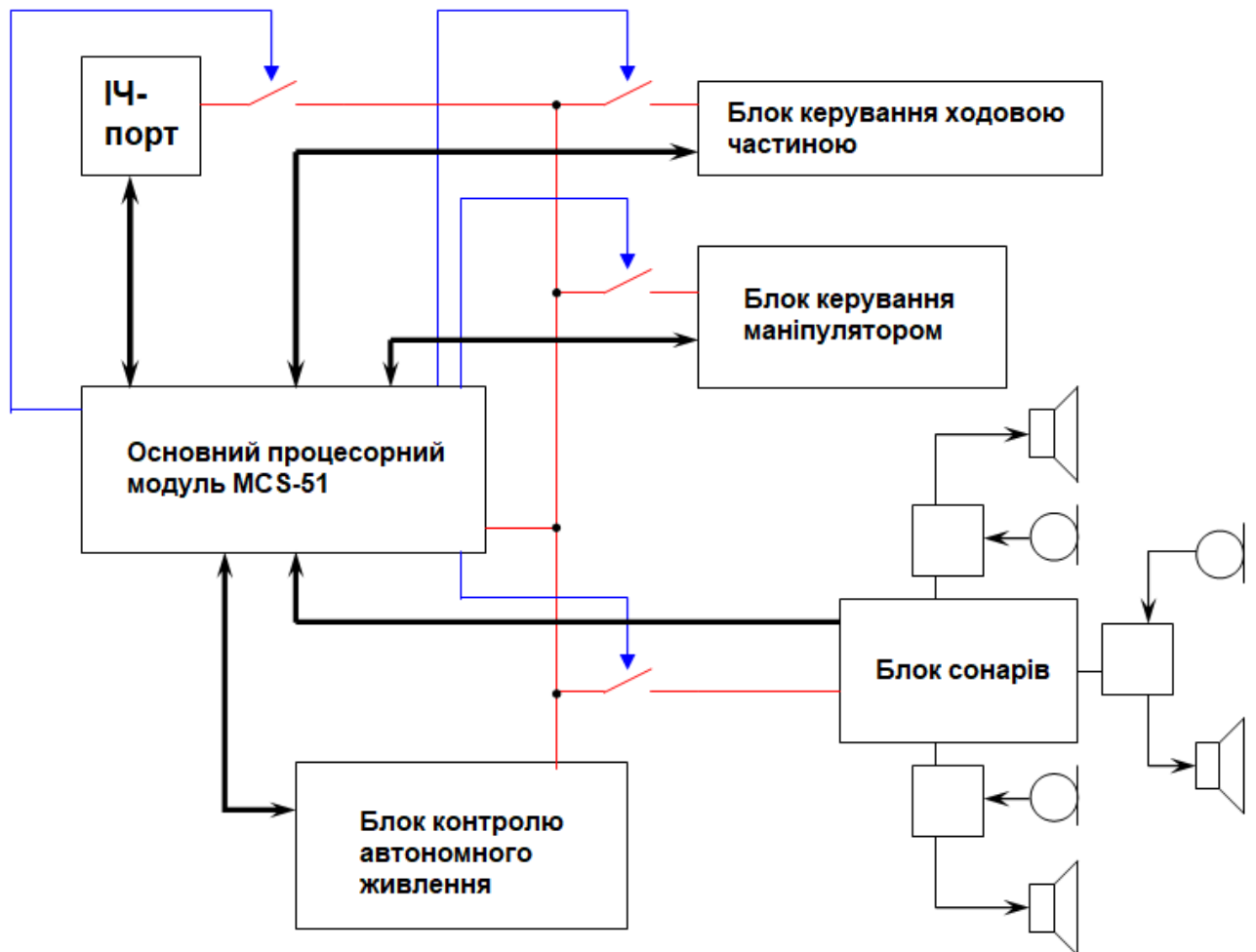


Рисунок 2.1 – Структурна схема СК для АМР

Кожен з модулів може містити в конструкції мікроконтролер (МК). Робота блоків повинна бути максимально автономною до моменту передачі або зчитування даних із кожного блоку. Але якщо основний МК безпосередньо керує якимось із встановлених блоків, то наявність у ньому МК не є необхідною. Наприклад, у блоках, де досить важливою є швидкість реакції, краще використовувати керування безпосередньо із основного блоку (наприклад, блок керування шасі, блок ISP), а де швидкість передачі отриманої інформації не така важлива, можливо застосовувати дешеву МС МК, яка керуватиме кожним

окремим блоком та формуватиме біти та байти інформації для основного блоку, що суттєво знижує навантаження на основний ЦПУ та збільшує загальну швидкодію системи. Основний процесорний модуль так само має можливість керування живленням всіх інших модулів, таким чином, споживану енергію від джерела живлення (акумуляторної батареї) можна знизити шляхом вимкнення блоків, робота яких не потрібна в цей момент. Наприклад, під час роботи лише маніпулятора, можна повністю знеструмити блок керування шасі або блок керування сенсорами.

Структурну схему СК для АМР представлено на рисунку 2.1. Тут зображено всі модулі системи та зв'язки між ними: тонкі чорні лінії зображують лінії передачі даних, товсті чорні лінії зображують шини для передачі даних, тонкі червоні лінії – лінії передачі живлення, тонкі сині лінії - лінії керування подачею живлення до окремих модулів [17-21, 55].

2.3 Підбір мікроконтролерів для керування автономним мобільним роботом

Вище було обґрунтовано необхідність у використанні однокристалльної мікро ЕОМ у схемі МК керування АМР, найпоширенішими ОМЕОМ на сьогоднішній день є МК сімейства MCS-51 [17-21].

Перші МК з ядром MCS-51 були створені в 70-х роках двадцятого століття фірмою Intel одночасно з мікропроцесорами (МП) серії i8086 [17]. Відтоді ядро MCS-51 набуло досить високої популярності, і на сучасному етапі десятки корпорацій по всій планеті створюють кілька сотень моделей МК даного сімейства. Хоча фірма Intel згорнула виробництво контролерів MCS-51, інші відомі виробники (наприклад, Siemens, Atmel, Analog Devices, Philips) продовжують розвивати цей напрямок мікросхемотехніки [17-21].

Перед вибором МК виконаємо аналіз вхідної та вихідної інформації:

- БК ходовою частиною - є одним із найважливіших БК, отже, даний блок

буде підключатися безпосередньо до МК. Для правильної роботи біполярних крокових електродвигунів необхідно мінімум чотири сигнали на кожний електродвигун, тобто один порт буде віддано повністю під БК ходовою частиною. Також для контролю та діагностики всієї системи необхідно ще по два біти (з кожного підключеного електродвигуна по одному). Тому мінімум десять виводів МС будуть зайняті під БК ходовою частиною;

- блок ISP - ІЧ-порт потребує використання сигналів TxD та RxD МК, отже, для цього необхідно використати виходи P3.0 та P3.1 (рис. 2.2). З огляду на те, що буде використовуватись USB-порт для зв'язку з персональним комп'ютером, який також потребує використання сигналів TxD та RxD, буде виникати конфлікт, отже, необхідно вибрати МС OMEOM із вже вбудованим USB-портом;

- БК сонарів, що складається із мінімум трьох сонарів, які потребують по два біти кожний (отже необхідно шість біт інформації), що будуть передаватися в ЦПУ одноразово;

- БК маніпулятором - якщо враховувати те, що при паралельному керуванні кроковими електродвигунами різко зросте кількість необхідних виводів МС (чотири на шість виводів з даними, плюс додаткових шість виводів для зворотного зв'язку, а також ще шість виводів керування електродвигунами), для керування встановленими шістьма кроковими електродвигунами з МК, необхідно чотири окремих виходи даних, мінімум три окремих виходи для демультіплексора крокових електродвигунів, а також ще чотири виходи для мультіплексора для використання зворотного зв'язку;

- від основного блоку до блоку контролю за станом автономного живлення йде ще мінімум три біти, які будуть передавати МК інформацію про реальний стан живлення та можливе виникнення аварійної ситуації, у разі виникнення якої необхідно виконати керуючий вплив на вимикання потрібних блоків, оскільки встановлених блоків шість, необхідно шість біт для керування.

Отже, загалом необхідно як мінімум тридцять вісім сигналів, жоден із МК-

51 не оснащено необхідною кількістю портів, тому будемо використовувати чотирьох-портовий МК, а для організації додаткових портів вводу/виводу будемо застосовувати МС Intel 8255 або повний її аналог типу KP580BB55A. Дане вирішення проблеми дозволить під'єднати всі необхідні пристрої, а також розвантажить порти основного МК для можливого удосконалення СК, підключення нових модулів та організації нових функцій [17-21].

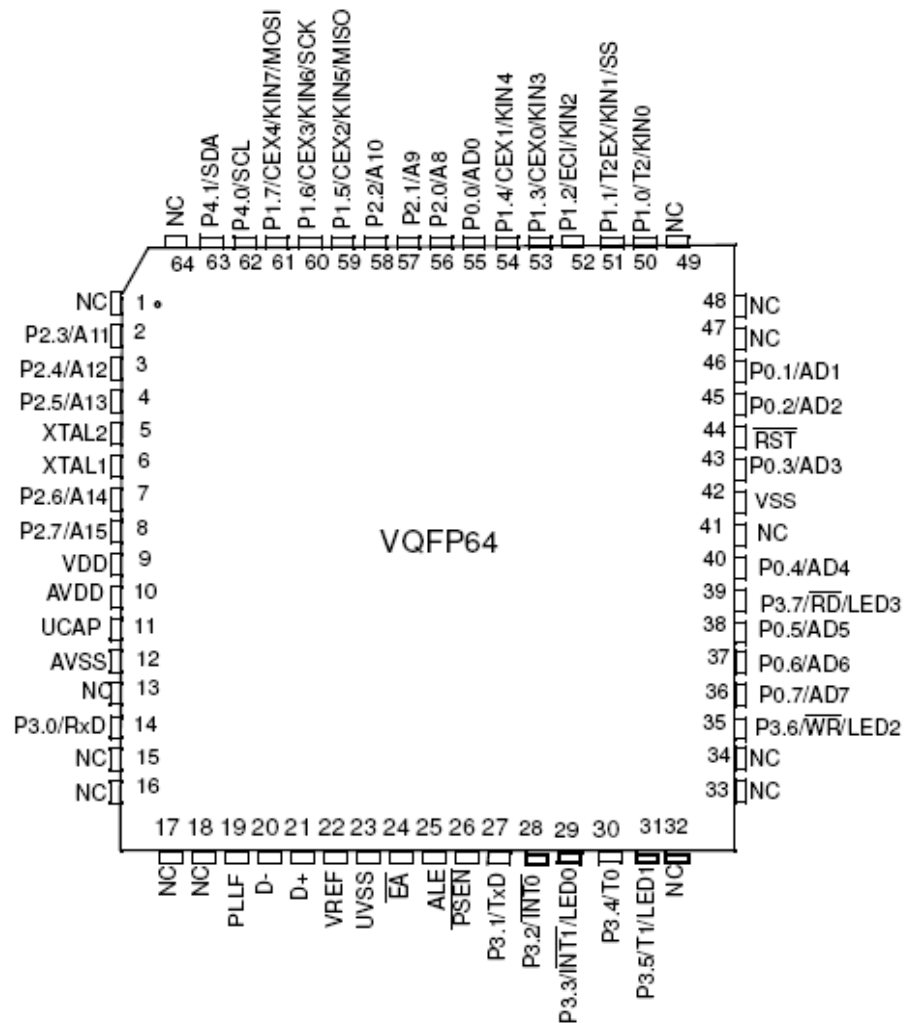


Рисунок 2.2 – Загальний вигляд розташування виводів мікросхеми типу

AT89C5130A-M

Під час вибору МС МК ми керувались наявністю наступних функцій, портів та інтерфейсів [17-21]:

- наявність послідовного порту UART для реалізації ІЧ-порту;
- наявність мінімум чотирьох портів вводу/виводу. Порт P0 буде

використовуватись для формування молодших адрес шини адреси та шини даних, інші порти будуть використовуватися лише для керуючих функцій;

- наявність вбудованого модуля USB;
- вбудований SPI інтерфейс для організації зовнішньої пам'яті, що не буде залежати від зовнішнього живлення;
- наявність ISP.

На сучасному етапі, на світовому ринку електронних компонентів, МК представлені великою кількістю фірм-виробників. Наприклад, ATMEL, DALLAS SEMICONDUCTOR, EPSON, MICROCHIP, INTEL, TOSHIBA, MOTOROLA, TEXAS INSTRUMENTS, PHILIPS SEMICONDUCTOR, ZILOG та інші. Найбільшу частину ринку МП техніки займає саме компанія ATMEL. Існує зведена таблиця МП сімейства МК-51, у даній таблиці представлені всі існуючі сучасні сімейства МК-51. Практично всі з даних МК оснащені SPI, UART, ISP через UART або SPI, але лише деякі з МК-51 оснащені USB інтерфейсом. Це МК наступних типів: AT89C5131A-L, AT89C5130A-M, AT89C5131A-M, AT89C5132 з вбудованою пам'яттю, а також AT83C5134, AT83C5136, AT83C5135 без вбудованої пам'яті. Для СК АМР виберемо МК із вбудованою пам'яттю. МК AT89C5130A-M оснащена найменшою вбудованою пам'яттю (не більше 16 КБ), зупинимо свій вибір на даній МК [17-21].

МК типу AT89C5130A-M являє собою повністю сумісний з MSC-51 МК із вбудованими 16 КБ пам'яті програм, одним КБ пам'яті даних (або EEPROM), двонаправленим UART, трьома вбудованими 16-бітними лічильниками/таймерами, одним КБ ОЗП, підтримкою портів USB 2.0, TWI та SPI інтерфейсами, чотири порти по вісім біт кожен, чотирирівневу систему переривань [22].

Розташування виводів даної МК типу AT89C5130A-M представлено на рисунку 2.2 [22].

Як було описано вище, для організації додаткових портів вводу/виводу будемо використовувати МК типу KP580BB55A [23].

МС дає змогу виконувати адресацію сигналів із шини даних на три зовнішні об'єкти за допомогою трьох восьми-розрядних каналів даних, які можуть працювати як для вводу так і для виводу даних [23].

Режим роботи кожного каналу задається окремим керуючим словом, яке подається в регістр пристрою за допомогою використання команди «OUT». Крім трьох восьми-розрядних каналів даних, МС оснащена восьми-розрядним каналом для підключення до шини даних, а також оснащена двома адресними входами, що дають можливість реалізувати одну з чотирьох адрес: вибір або регістра пристрою або одного з трьох каналів даних.

ВІС КР580ВВ55 може виконувати роботу в трьох режимах роботи [23]:

Режим роботи №1: синхронна програмно-керована передача даних у паралельному коді через три незалежні восьми-розрядні канали А, В, С. Допускається можливість розділення каналу С на два окремих чотирьох-розрядних канали С1 та С2.

Режим роботи № 2: асинхронне виконання вводу/виводу через два незалежні восьми-розрядні канали А та В. Виводи каналу С можуть використовуватись для прийому та видачі керуючих сигналів або квітування.

Режим роботи №3: асинхронне виконання вводу/виводу тільки через восьми-розрядний канал А. Для приймання та видавання керуючих сигналів будуть застосовуватись виводи каналу С, канал В може працювати в режимі логічний 0, або в режимі логічна 1.

Умовне графічне позначення, а також розташування виходів ВІС типу КР580ВВ55 представлено на рисунку 2.3, призначення виводів наведено в Додатку В, в таблиці В.1 [23].

Для під'єднання ВІС типу КР580ВВ55А необхідна наявність шин адреси та даних, тому в СК, яку ми створюємо, необхідно використати двосторонній шинний формувач, а також «реєстр засувка» молодшого байта адреси. МС К1533АП9 [24] являє собою двоспрямований восьми-розрядний шинний формувач з досить високою навантажувальною здатністю, що дає можливість

здійснити зв'язок мікропроцесора з підключеними периферійними пристроями вводу/виводу даних.

KP580BB55		
D0	IOP	BA7
D1		BA6
D2		BA5
D3		BA4
D4		BA3
D5		BA2
D6		BA1
D7		BA0
WR	IOP	BB7
RD		BB6
CS		BB5
RESET		BB4
A0	IOP	BB3
A1		BB2
		BB1
		BB0
		BC7
		BC6
		BC5
		BC4
	BC3	
	BC2	
	BC1	
	BC0	

PA3	1		40	PA4
PA2	2		39	PA5
PA1	3		38	PA6
PA0	4		37	PA7
\overline{RD}	5		36	\overline{WR}
\overline{CS}	6		35	RESET
GND	7		34	D0
A1	8		33	D1
A0	9		32	D2
PC7	10		31	D3
PC6	11		30	D4
PC5	12		29	D5
PC4	13		28	D6
PC0	14		27	D7
PC1	15		26	Vcc
PC2	16		25	PB7
PC3	17		24	PB6
PB0	18		23	PB5
PB1	19		22	PB4
PB2	20		21	PB3

Рисунок 2.3 – Загальний вигляд виходів ВІС KP580BB55 [23]

Режим роботи МС K1533АП9 [24], умовне графічне зображення якої представлено на рисунку 2.4, визначається сигналами керування із Т «Напрямок передачі» та ОЕ «Дозвіл виходу». У разі надходження на вхід ОЕ сигналу високого рівня інформаційні виходи А та В автоматично переходять у стан «Вимк.» (див. Табл. В.2). За наявності на вході ОЕ сигналу низького рівня напрямок передавання інформації визначається згідно із сигналом на вході Т. Під час подавання на вхід Т сигналу високого рівня виконується передавання інформації з каналу А в канал В, під час подавання на вхід Т сигналу низького рівня - навпаки, з каналу В у канал А. Призначення виводів МС K1533АП9 наведено в Додатку В, таблиця В.2 [24]. Для реалізації реєстра зашивання використаємо МС типу K1533IP22 [25].

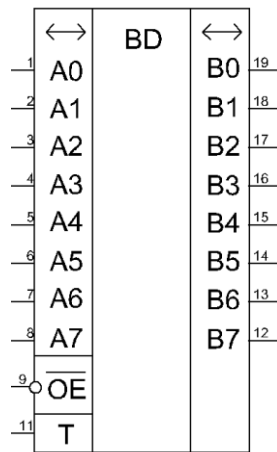


Рисунок 2.4 – Загальний вигляд виходів МС К1533АП9 [25]

Для легшого виконання процесу модернізації СК необхідно розділити адресний простір на максимум вісім частин, це дасть змогу під'єднати додаткові пристрої (до восьми штук) до шини даних без будь-яких змін в схемотехніці. Використовуємо дешифратор три у вісім для забезпечення мети, наприклад типу КР1533ІД7 [26] (рис. 2.5).

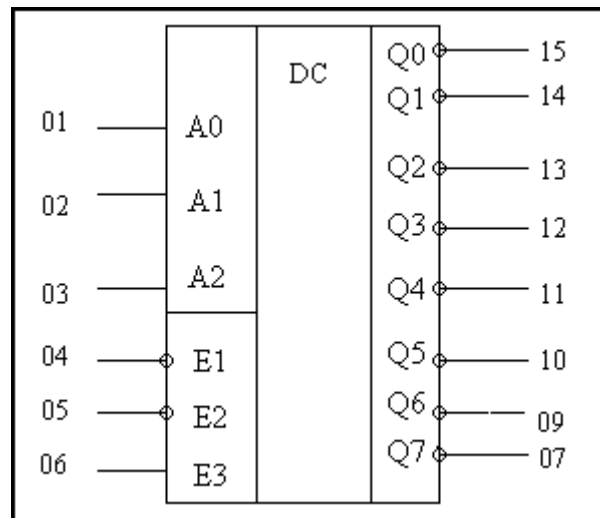


Рисунок 2.5 – Загальний вигляд виходів дешифратора типу КР1533ІД7 [26]

Враховуючи те, що при виникненні аварійної ситуації необхідно виконати збереження всі даних, що опрацьовувалися або були опрацьовані в результаті дій АМР, необхідно використовувати зовнішню пам'ять для даних, що не буде залежати від наявності енергії. Розмір пам'яті даних в МС АТ89С5130А-М [27]

становить 1 КБ, отже, необхідно вибрати EEPROM ідентичного розміру. Наприклад, МС АТ25010А - EEPROM з організацією сто двадцять вісім на вісім, що передає інформацію за допомогою SPI інтерфейсу із можливістю захисту даних. На рисунку 2.6 представлено розташування виводів МС АТ25010А [27].

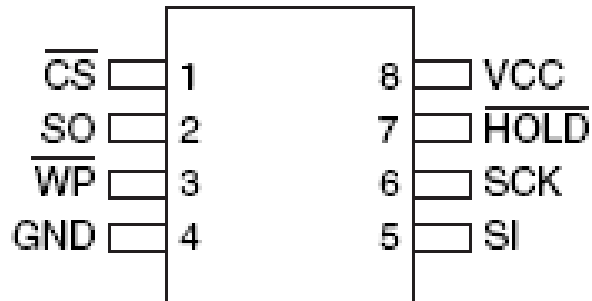


Рисунок 2.6 – Загальний вигляд виводів МС АТ25010А [27]

На відміну від БК ходовою частиною (один із найважливіших блоків, тому його керування виконуватиметься безпосередньо з основного блоку) БК сонарами, маніпулятором та контролем живлення також потребуватимуть наявності МК.

2.4 Висновки до другого розділу

Розроблено та описано структуру керування автономним мобільним роботом, СК для АМР повинна мати модульну структуру, модернізація та зміна структури самого АМР тоді носитиме блоковий характер, оскільки не доведеться змінювати систему в цілому, а лише окремі блоки. Виконано підбір необхідних мікроконтролерів для керування автономним мобільним роботом.

3 РОЗРОБКА МЕТОДУ КЕРУВАННЯ АВТОНОМНИМ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ

3.1 Розробка основного мікропроцесорного блоку керування

Вище було описано, що основний модуль міститиме в собі МК, також у ньому будуть розташовані порти вводу/виводу, зовнішня пам'ять, не залежна від втрати енергії, дешифратор та буферний регістр.

Для початку роботи на основі порту 0 необхідно створити шини адреси та даних. Структурну схему підключення буферного регістра, а також регістра засувки до МК-51 представлено на рисунку 3.1 [17-21].

Для ППІ потрібна 8-розрядна шина даних, а також адресні входи A0 та A1, тобто необхідно також молодший байт адрес.

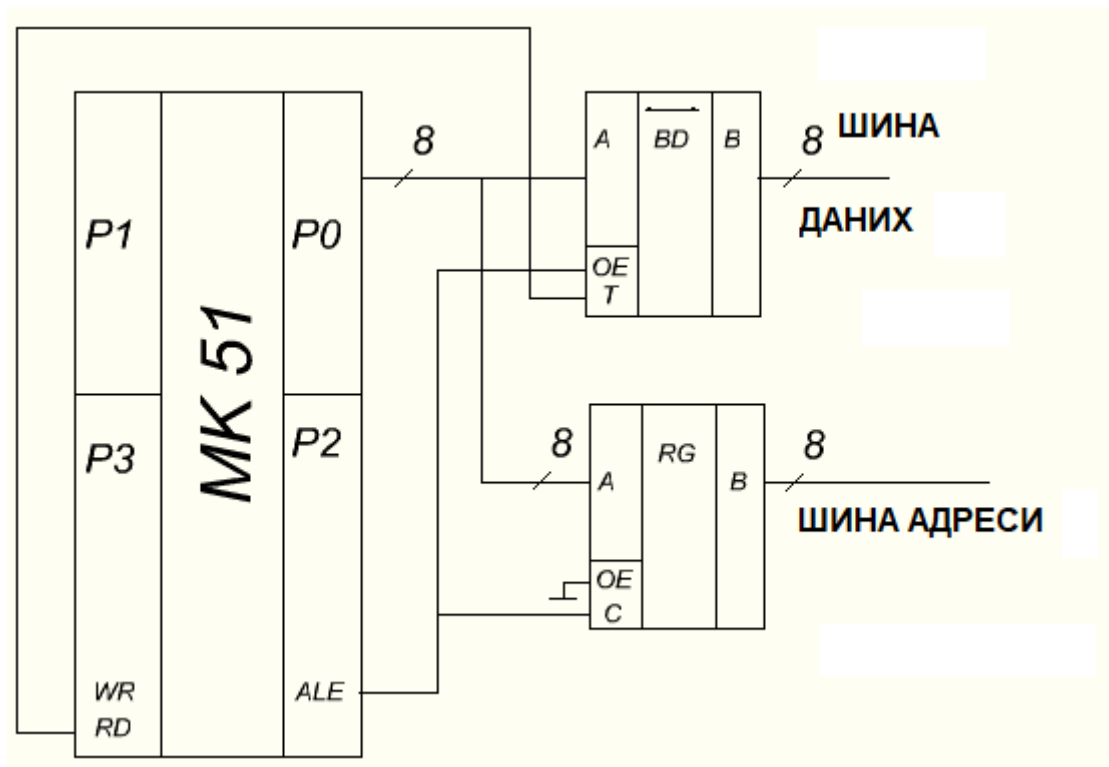


Рисунок 3.1 - Схема підключення регістра засувки, а також буферного регістра до МК-51 [17-21]

Враховуючи, що МК оснащено інтерфейсами типу SPI та TWI,

використання порту P2 лише для збільшення адресного простору - не доцільно. Таким чином, за допомогою використання порту P2, можна виконувати керування іншими блоками, які потребують підвищеної швидкодії, наприклад БК ходової частини.

Спираючись на функціональну схему (див. рис. 3.1) підключимо МС К1533АП9 до МС АТ89С5130А-М. Таблиця істинності МС К1533АП9 представлена в Додатку В, таблиця В.3 [24].

На контакт ОЕ необхідно завжди подавати логічний 0, а використанням входу Т можна керувати напрямком передачі. Розглянемо тимчасові діаграми запису та читання для зовнішньої пам'яті МК (рис. 3.2 та 3.3) [17-21].

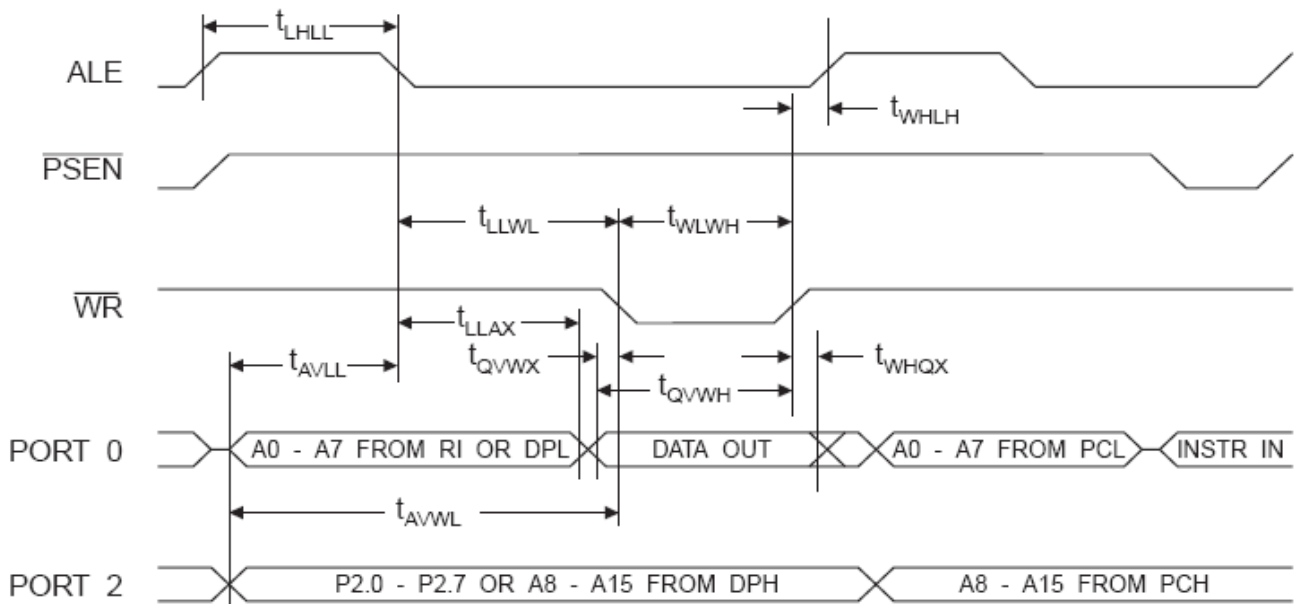


Рисунок 3.2 - Діаграма запису зовнішньої пам'яті даних в залежності від часу

Під час запису та читання сигнал ALE завжди в стані логічний 0, тому його можна підключати до входу МС К1533АП9 [24], щоб для виконання операції читання даних із зовнішньої пам'яті, згідно з таблицею В.3, необхідно подати на вхід Т логічний 0. Під час читання сигнал RD переходить із стану логічної 1 в стан логічний 0, а під час запису сигнал RD перебуває в стані логічної 1, отже, використанням виходу RD можна керувати напрямком передавання даних.

Ґрунтуючись на даних, написаних вище, можна розробити електричну принципову схему.

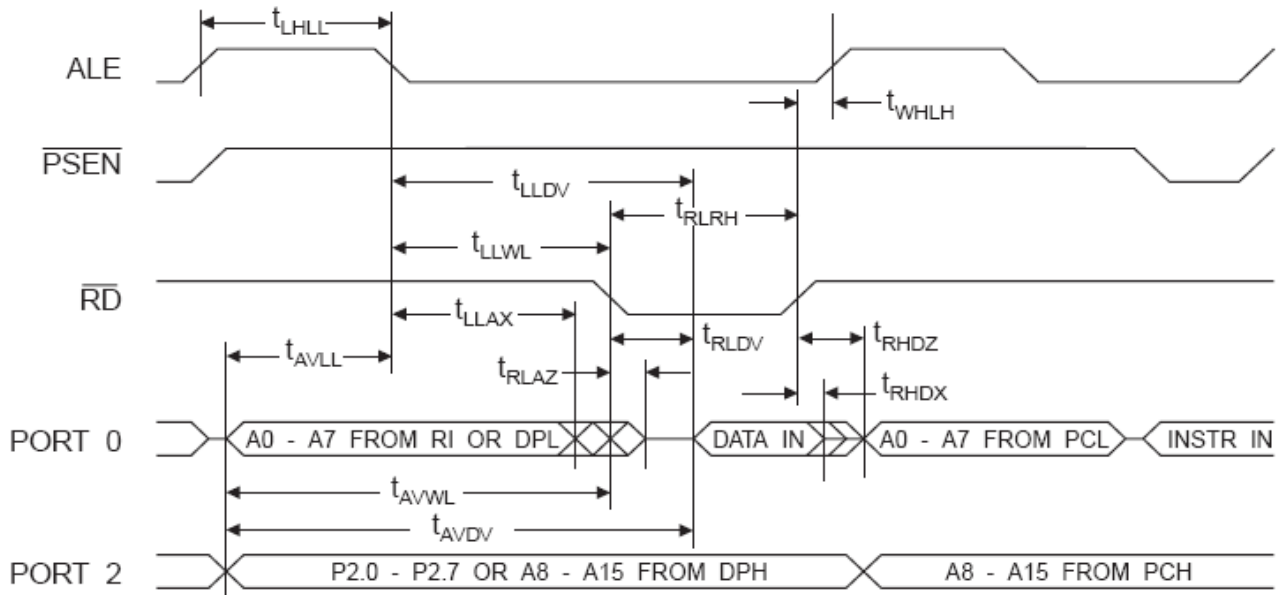


Рисунок 3.3 - Діаграма читання зовнішньої пам'яті даних в залежності від часу [17-21]

Порт P0 МП AT89C5130A-M [27] повинен бути безпосередньо підключений до буферного регістру K1533АП9 [24]. Сигнал ALE надходить на вхід МП, який дозволяє запис на виходи МС K1533АП9, сигнал T, що визначає напрямок передавання даних на МС, підключеного із сигналом RD AT89C5130A-M [27]. На рисунку 3.4 представлено електричну принципову схему запропонованого підключення.

ВІС типу KP580BB55 [23] буде використовуватися для взаємозв'язку основного блоку з іншими. Функціональну схему підключення ППІ в адресний простір МК-51 представлено на рисунку 3.5.

Як видно зі схеми (рис. 3.5), для ППІ необхідно розробити дешифратор адреси. Для спрощення конструкції будемо застосовувати часткову дешифрацію, для цього використовуємо сигнали A5, A6 та A7. Усі можливі комбінації цих сигналів утворюють вісім унікальних сигналів, отже, під час модернізації можна буде підключати максимум вісім пристроїв в адресний простір основного блоку.

Для дешифрації будемо використовувати МС типу КР1533ІД7 (дешифратор три у вісім) [26].

Для вибору мікросхеми ППІ необхідно на вхід CS подати логічний 0. Виходи МС КР1533ІД7 - інверсні, отже, підключивши вхід CS до одного з виходів дешифратора, ППІ працюватиме правильно [26].

У разі під'єднання А5, А6 та А7 до МС КР1533ІД7 [26], дешифратор розіб'є адресний простір на вісім рівних частин по тридцять два біти кожна. Детальна схема розподілу адресного простору дешифратором представлена в Додатку В, таблиця В.4.

ППІ можливо підключити до будь-якого з виходів дешифратора, наприклад до нульового. Таким чином ППІ займатиме наприклад наступні адреси 00h,01h,02h і 03h (канал А та В, С та РУС відповідно).

Принципову схему підключення ППІ в адресний простір МК-51 представлено на рисунку 3.6 [17-21].

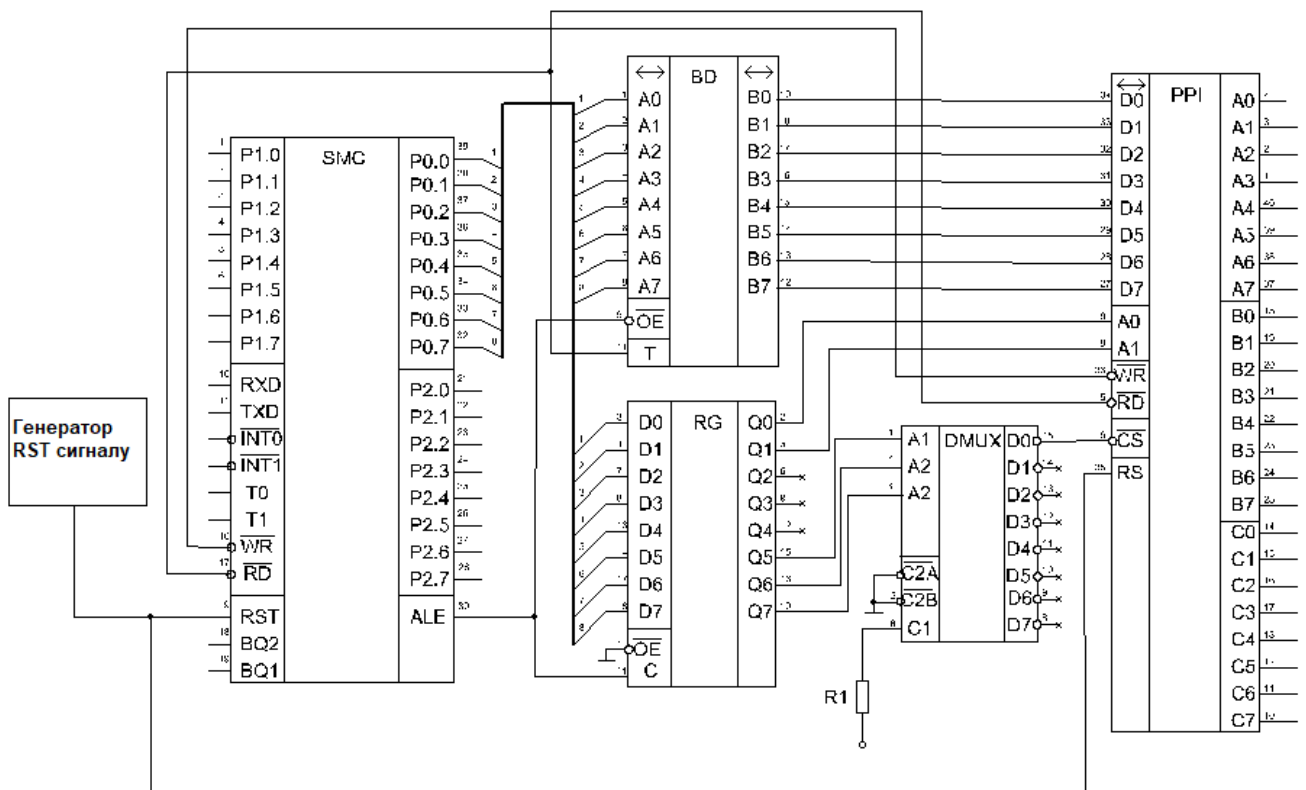


Рисунок 3.6 – Загальний вигляд принципової схеми підключення КР580ВВ55 [23]

Схему підключення зовнішньої пам'яті AT25010A [28], що не залежить від втрати енергії, до МК AT89C5130A-M, використовуючи вбудований SPI інтерфейс, представлено на рисунку 3.7, де сигнали MISO, SCK, SS та MOSI підключаються безпосередньо до відповідних входів МК. Керуючись розташуванням виводів МК типу AT89C5130A-M це будуть виводи P1.1, P1.5, P1.6 та P1.7 [27].

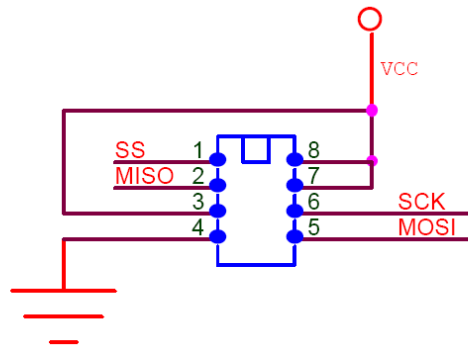


Рисунок 3.7 – Загальний вигляд схеми підключення EEPROM AT25010A

Підключення інших модулів виконуватиметься за допомогою використання портів ППІ, а також через вільні порти МК AT89C5130A-M [27]. Портом P1, окрім організації зовнішньої пам'яті, через використання вбудованого SPI-інтерфейсу (структурна схема підключення EEPROM до МК представлена на рис. 3.8), планується здійснювати контроль живлення та ланцюга керування живленням інших підключених модулів, порт P3 (сигнали TxD та RxD) використовуватиметься для дистанційного керування та програмування АМР, генерації спеціальних сигналів керування WR та RD, а також вхід запиту на переривання поданий по ланцюгу живлення.

Для формування сигналу RST можливо використати спеціальні генератори сигналу RESET, наприклад ADM707 від ANALOG DEVICE, його умовне графічне зображення наведено на рисунку 3.9 [29].

Сигнал RESET МК ADM707 повинен бути активним під час увімкнення. Для ручного скидання МК використовуємо вхід MR, до нього підключимо будь-який з портів P1 або P3 МК-51 (рис. 3.9) [29].

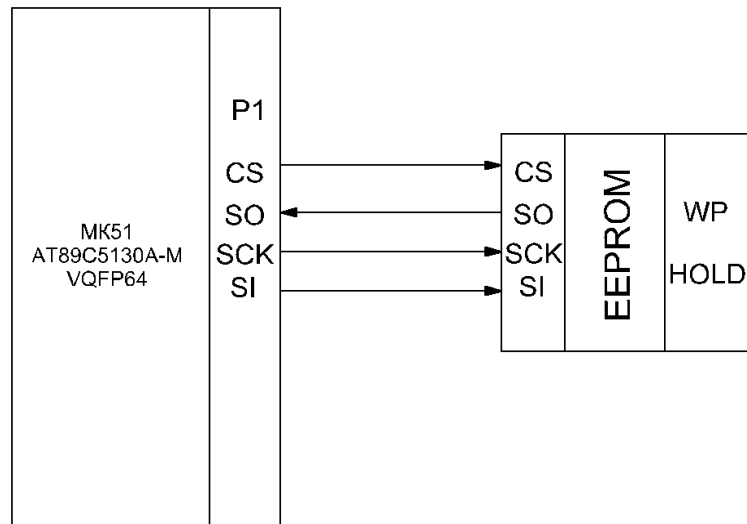


Рисунок 3.8 – Загальний вигляд структурної схеми підключення EEPROM за допомогою інтерфейсу SPI

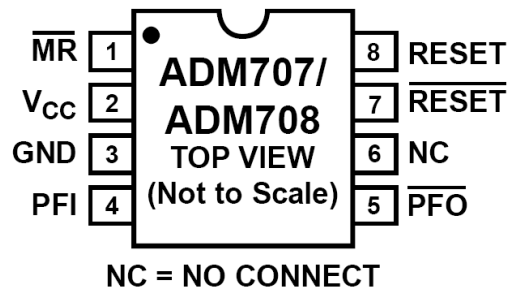


Рисунок 3.9 – Загальний вигляд виводів на ADM707 [29]

Сигнали XTAL1 та XTAL2 призначені для підключення кварцового генератора, який задає частоту роботи МП. В МК AT89C5130A-M такий генератор може працювати в діапазоні від 4 до 24 Гц. За замовчуванням використовується частота в 12 Гц, зручна як для розрахунків так і для синхронізації. Типова схема підключення кварцового генератора наведена на рисунку 3.10, де C1 та C2 ємністю в $30 \pm 10\%$ пФ [17-21].

Для можливості вимкнення МС основного блоку будемо застосовувати будь-який вільний вихід, який у стані логічного 0 вимикатиме всі МС основного блоку для енергозбереження.

Структурну схему підключення всіх МС основного блоку до МК представлено на рисунку 3.11.

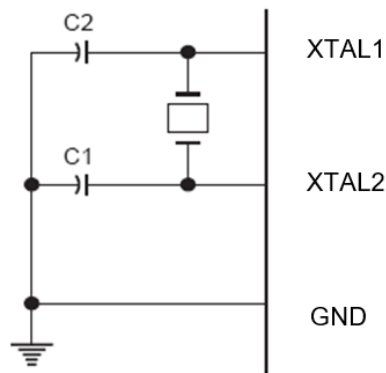


Рисунок 3.10 - Схема підключення кварцового генератора до МК-51

3.2 Розробка блока керування встановленим маніпулятором

БК встановленим маніпулятором підключається до порту С МК і в загальному вигляді являє собою МП, який буде керувати драйверами крокових електродвигунів маніпулятора з шістьма ступенями свободи.

Конструкція маніпулятора базується на шести біполярних крокових електродвигунах (БКЕД) із встановленими постійними магнітами.

Для правильного керування БКЕД необхідна електрична схема, яка має виконувати функції старт/стоп, зміни швидкості та реверсу обертання. БКЕД транслює послідовність цифрових перемикачів у рух, обертове магнітне поле, забезпечується відповідними перемиканнями напруги на обмотках статора. Слідом за магнітним полем буде обертатися ротор, з'єднаний за допомогою використання редуктора із вихідним валом електродвигуна [30-33].

Дана електрична схема вже випускається у вигляді МС та носить назву інтегральний драйвер електродвигуна (ІДД). ІДД перетворює сигнали керування низької потужності в струми, достатні для керування двигунами.

Існує досить багато найрізноманітніших схем для керування БКЕД. Вони класифікуються як за потужністю, так і за елементною базою, на основі якої вони змонтовані.

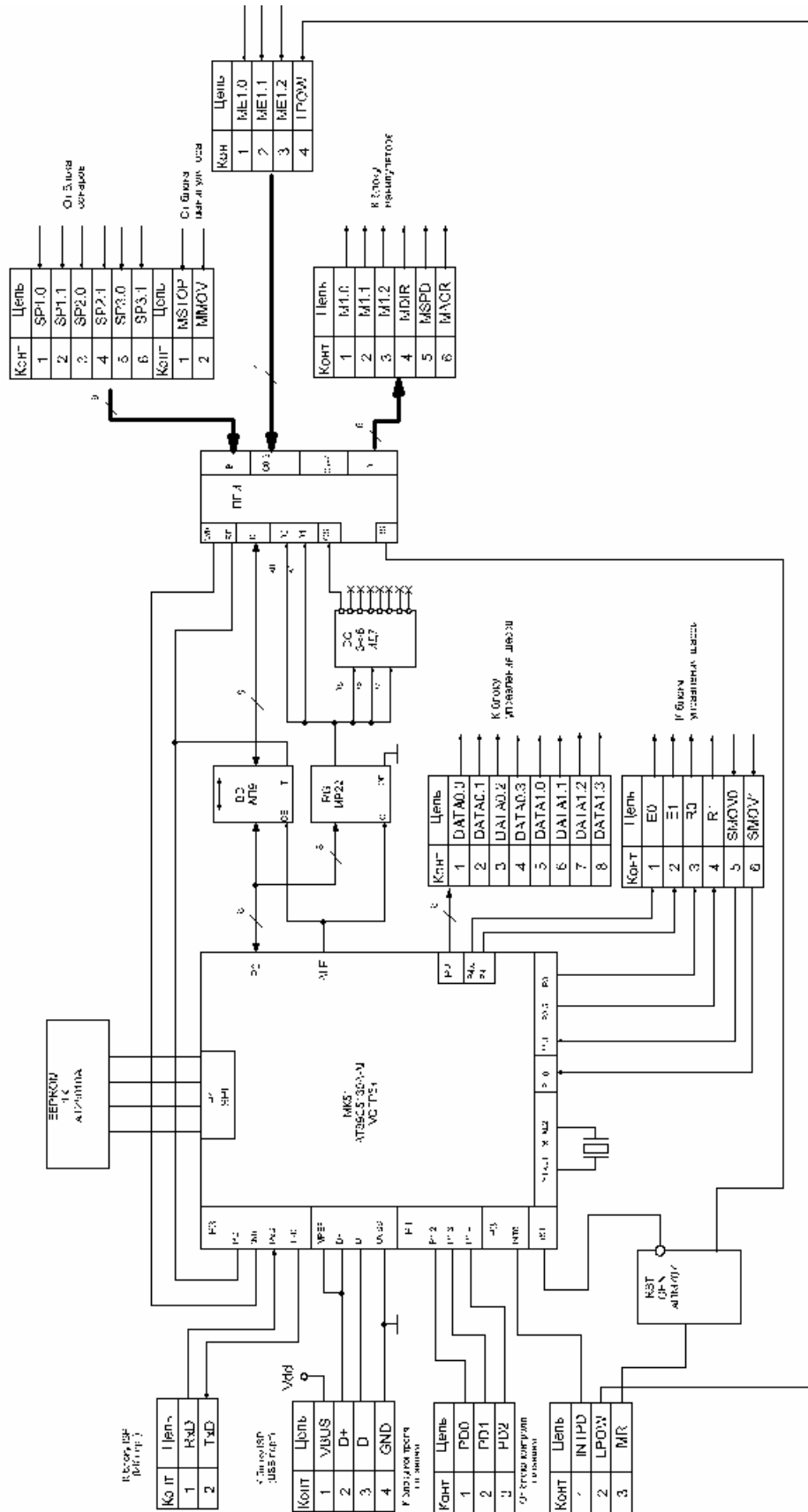


Рисунок 3.11 - Структурна схема підключення всіх МС основного блоку до

МК

Зупинимо свій вибір на найпростішому драйвері керування електродвигунами, виконаному у вигляді повністю готової до роботи МС. Дана МС носить назву L293D і є однією з найпоширеніших мікросхем, призначених для даної мети [34].

МС L293D [34] містить одразу два драйвери для керування кроковими електродвигунами невеликої потужності (чотири незалежні канали, об'єднані у дві пари). Оснащена двома парами виходів для підключення електродвигунів та двома парами входів для сигналів керування. Крім того, МС L293D оснащено ще двома входами для вмикання кожного з драйверів окремо. Такі входи використовуються для керування швидкістю обертання електродвигунів за допомогою широтно-імпульсно модульованого сигналу (ШІМ).

МС L293D [34] забезпечує розподілення живлення для МС та для керованих крокових електродвигунів, що дає змогу підключити електродвигуни з більшою напругою живлення, ніж у самої МС. Розподіл живлення МС та крокових електродвигунів може бути також необхідним для зниження перешкод, що можуть бути спричинені стрибками напруги, пов'язаними з роботою електродвигунів.

Принцип роботи кожного із драйверів, що входять до складу МС, ідентичний, тому проаналізуємо принцип роботи лише одного з них.

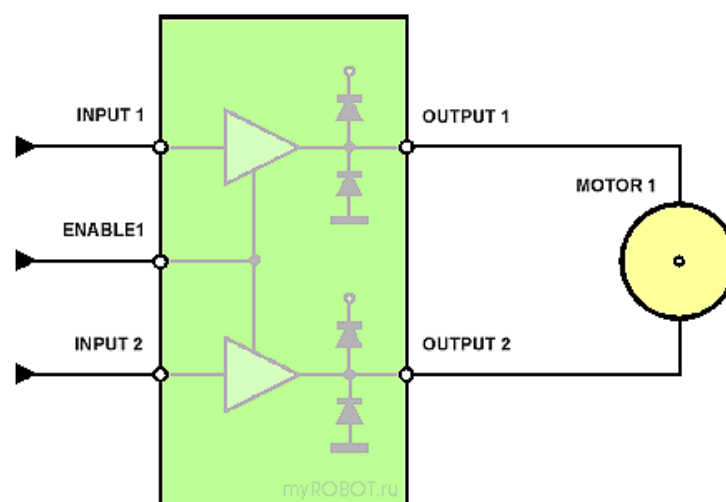


Рисунок 3.12 – Загальний вигляд схеми керування однофазним електродвигуном

До виходів OUTPUT1 та OUTPUT2 виконаємо підключення електродвигуна MOTOR1 (рис. 3.12).

На вхід ENABLE1, що вмикає драйвер, будемо виконувати подачу сигналу (тобто виконаємо з'єднання з позитивним полюсом джерела живлення +5В). Якщо в даному випадку на входи керування INPUT1 та INPUT2 не буде виконуватись подача сигналів, то електродвигун не буде обертатися [34].

Якщо ж виконати з'єднання входу керування INPUT1 із позитивним полюсом джерела живлення, а входу керування INPUT2 - з негативним полюсом, то електродвигун почне рух.

Якщо виконати підключення входу керування INPUT1 із від'ємним полюсом джерела живлення, а входу керування INPUT2 - із позитивним полюсом, то електродвигун почне обертатися в інший бік.

Виконаємо подачу сигналів однакового рівня одразу на обидва входи керування INPUT2 та INPUT1 (виконати підключення обох входів керування із позитивним полюсом джерела живлення або з негативним полюсом) - електродвигун не буде рухатись.

У випадку відсутності сигналу із входу ENABLE1, то за будь-яких варіантів сигналів на входах керування INPUT1 та INPUT2 електродвигун не буде рухатись. Уявити краще принцип роботи драйвера електродвигуна L293D можливо, використавши таблицю В.5 в Додатку В [34].

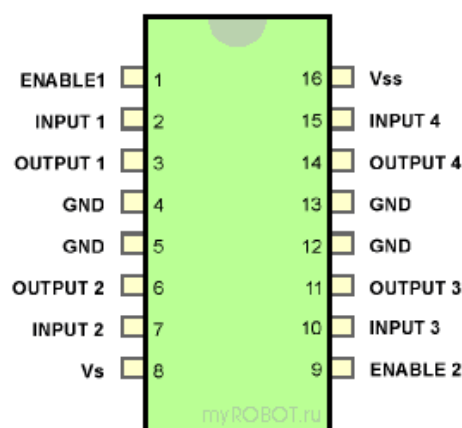


Рисунок 3.13 – Розташування виводів МС L293D

Характеристики МС L293D (рис. 3.13):

- напруга живлення МС (V_{ss}) – 5В;
- напруга живлення електродвигунів (V_s) - 4,5...36В;
- піковий (максимальний) струм на виході - 1,2А (на кожен канал);
- допустимий струм навантаження – 600мА (на кожен канал);
- логічна 1 вхідної напруги - 2,3...7В;
- логічний 0 вхідної напруги - до 1,5В;
- швидкість перемикачів до 5 кГц;
- вмонтований захист від перегріву [34].

Виводи МС L293D:

- входи ENABLE1 та ENABLE2 (рис. 3.13) відповідають за вмикання кожного з драйверів, що входять до складу МС;
- входи INPUT1 і INPUT2 (рис. 3.13) використовуються для керування електродвигуном, підключеним до виходів OUTPUT1 та OUTPUT2;
- входи INPUT3 і INPUT4 (рис. 3.13) використовуються для керування електродвигуном, підключеним до виходів OUTPUT3 та OUTPUT4;
- контакт V_s підключають до позитивного полюсу джерела живлення електродвигунів або просто із позитивним полюсом живлення, якщо живлення для всієї схеми та електродвигунів одне. Тобто, даний контакт (рис. 3.13) відповідатиме за живлення підключених електродвигунів;
- контакт V_{ss} підключають до позитивного полюсу джерела електричного живлення. Даний контакт використовується для живлення самої МС (рис. 3.13);
- чотири контакти GND підключають до «землі» (загальним кабелем або негативним полюсом джерела електроживлення). За допомогою даних контактів забезпечують тепловідведення від МС, тому найкраще виконати розпайку на широку контактну площадку.

Даний драйвер електродвигуна L293D ідеально підходить для СК АМР.

З огляду на те, що підключених електродвигунів декілька, буде необхідно використовувати демультіплексор, а крім того, ще і для зворотного зв'язку

електродвигунів до МК - мультиплексор.

Саме по собі керування АМР відбуватиметься наступним чином:

- з основного модуля на МП БК маніпуляторів надходить байт опису руху, тобто дані про номер електродвигуна (загалом шість підключених електродвигунів, отже, необхідно використовувати щонайменше три біти), для напрямку руху (один біт), один біт для точності обертання та один біт для швидкості обертання;

- після обробки отриманих даних МК на демультимплексор надходить адреса електродвигуна (наприклад, з 000b до 110b). Необхідно відкрити потрібний буферний реєстр, у такий спосіб запустивши електродвигун із потрібними даними (чотири біти) та один біт на зворотній зв'язок.

Таким чином, сигналів, які отримують від основного блоку буде шість, на основний блок - п'ять. Сигналів, що передаються на електродвигуни, - сім (чотири біти даних, три біти - вибір електродвигуна). Таким чином, у БК маніпулятором потрібен МК із 4 8-розрядними портами та бажаною наявністю вбудованого ISP. Для керування маніпулятором найкраще використовувати МК типу AT89S51 [35].

Необхідний буферний реєстр щонайменше на чотири входи, для зберігання даних для електродвигуна із входом OE (з третім станом). МС типу К1533ІР34 представляє собою два незалежних 4-розрядних реєстри засувки із трьома стійкими станами на виході. Умовне графічне зображення представлено на рисунку 3.14 [36].

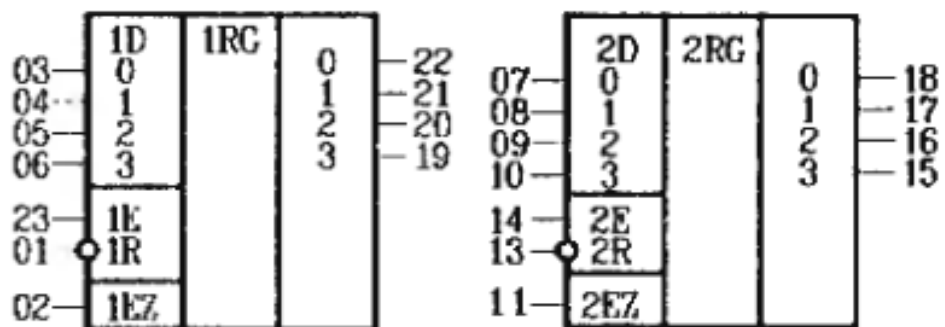


Рисунок 3.14 – Графічне зображення реєстру МС К1533ІР34

МС нас цікавить в якості D-триггеру із можливістю запам'ятовування попереднього стану (для гальмування електродвигунів після зупинки руху). Значить для правильної роботи електродвигуна необхідно на вхід R подати логічну 1, на вхід EZ – логічний 0, а за допомогою входу E будемо виконувати керування виходами (логічний 0 - передача закрита, режим гальмування електродвигуна, логічна 1 - передача відкрита, рух електродвигуна прямий або реверсний).

Враховуючи те, що потрібна логічна 1 для відкриття, необхідно вибрати демультіплексор три у вісім із прямими виходами, але в серії КР1533 таких не виготовляють. Тому будемо використовувати МС типу КР1533ІД7 [26]. Виходи МС КР1533ІД7 проінвертуємо, для цього застосуємо МС КР1533ЛН1, що представляє собою шість логічних елементів «НЕ» зі стандартними активними виходами.

Як видно з таблиці істинності [37], для роботи МС на вхід С1 необхідно подати сигнал високого рівня, на входи С2 та С3 відповідно сигнали низького рівня. З МК на входи D1, D2 та D3 надходять дані про номер необхідного для роботи електродвигуна.

Тепер можливо скласти функціональну схему підключення драйверів електродвигунів до МК керування маніпулятором. У загальному вигляді структурна схема підключення драйверів електродвигунів матиме наступний вигляд (рис. 3.15):

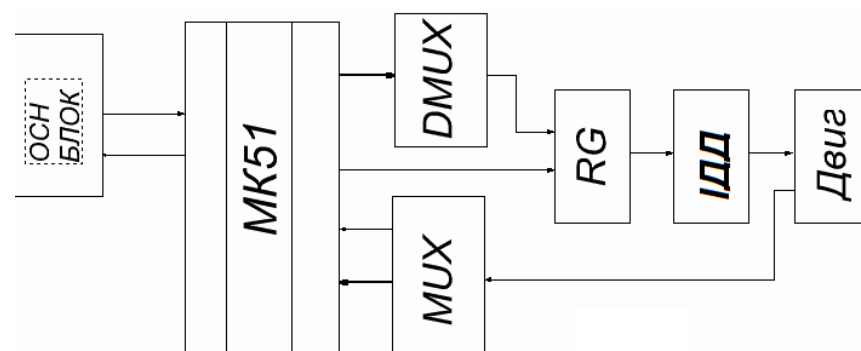


Рисунок 3.15 – Загальний вигляд структурної схеми під'єднання ІДД у БК маніпулятором

Для ІДД необхідно використовувати два рівні напруги (рис. 3.15):

- V_{ss} - + 5 В - для живлення МС;

- V_s - від + 5 В до 32 В, для живлення крокових електродвигунів. Для розроблюваної системи достатньо - 12 В.

Наявність зворотного зв'язку з електродвигуном дасть змогу БК знати, чи відбувся рух. Таке підключення дозволить уникнути ситуацій, коли рух електродвигунів буде неможливий, через наявність перешкоди перед маніпулятором.

Згідно з принципом роботи крокових електродвигунів для початку виконання руху та його наступним продовженням на ІДД необхідно постійно змінювати комбінації даних. Але якщо комбінація не змінюватиметься, то кроковий електродвигун перебуватиме в стані електромагнітного гальма. Керуючи сигналом Е реєстрі МС K1533IP34 [36], можливо апаратно тримати останню комбінацію, яку передав МК.

Також для МК необхідний ланцюг скидання і підключення кварцового резонатора. Також необхідно здійснити можливість керування живленням цього блоку за необхідності його вимкнення.

Грунтуючись на функціональній схемі (рис. 3.15), створимо принципову схему підключення (рис. 3.16).

3.3 Розробка блоку керування ходовою частиною АМР

БК ходовою частиною АМР аналогічний БК маніпулятором описаному вище, з різницею, що крокових електродвигунів буде використовуватись лише два, а керування електродвигунами буде виконуватись безпосередньо із основного блоку.

Таким чином, можна використати паралельне керування електродвигунами. Це в свою чергу дозволить [30-33]:

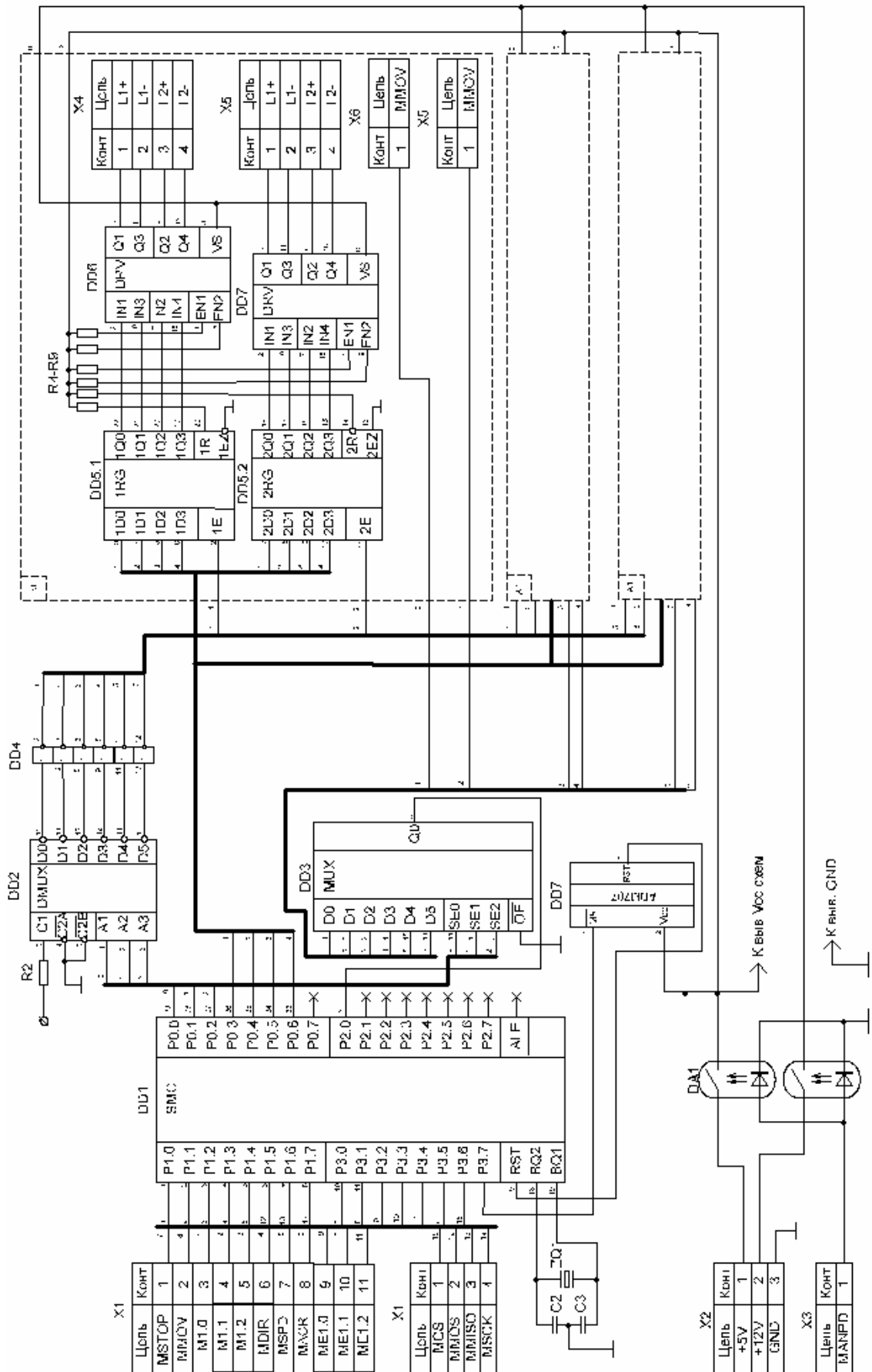


Рисунок 3.16 – Электрична принципова схема БК манипулятором

- а) здешевити конструкцію БК за рахунок виключення МС МК, демультимплексора, мультимплексора, а також інвертора;
- б) знизити час реакції крокових електродвигунів;
- в) підвищити загальну маневреність та швидкість переміщень АМР.

Якщо в БК маніпуляторів вимкнення крокових електродвигунів небажане, то для БК ходовою частиною АМР дана функція є важливою для того, щоб скотитися з похилої площини використовуючи власну вагу АМР, а не, наприклад, енергію акумулятора. Для реалізації такої можливості ми будемо застосовувати вхід R регістра МС КР1533ІР34 [36] і керувати ним за допомогою МК. Також варто передбачити зворотний зв'язок для передбачення випадків, коли рух електродвигуна буде неможливий, наприклад, потрапляння сторонніх предметів у редуктор шасі.

Як і в разі керування маніпулятором, на кожен з ІДД надходить чотири біти даних, сигналом Е реєстру організуємо запис нових даних або апаратне гальмування крокових електродвигунів. Сигналом R вимикаємо електродвигун для вільного обертання, сигналом MMOV будемо квіртувати можливість або не можливість виконання руху. Отже, для керування одним електродвигуном нам буде потрібно щонайменше сім виходів керування МС, тоді для двох електродвигунів - чотирнадцять. Таким чином, принципова схема підключення БК ходовою частиною АМР матиме наступний вигляд (рис. 3.17).

3.4 Розробка блоку керування сонарами для АМР

БК сонарами повинен складатися як мінімум із 3 ультразвукових п'єзовипромінювачів, трьох мікрофонів, та МК для формування одного байту вихідних даних. В якості МК доцільніше вибрати МС із двома вбудованими портами вводу/виводу, наприклад МС типу АТ89S2051 [38]. Даний МК має функцію внутрішньосхемного програмування (або ISP), а також два вбудовані порти вводу/виводу, що дасть нам змогу повністю реалізувати всі необхідні

функції блоку.

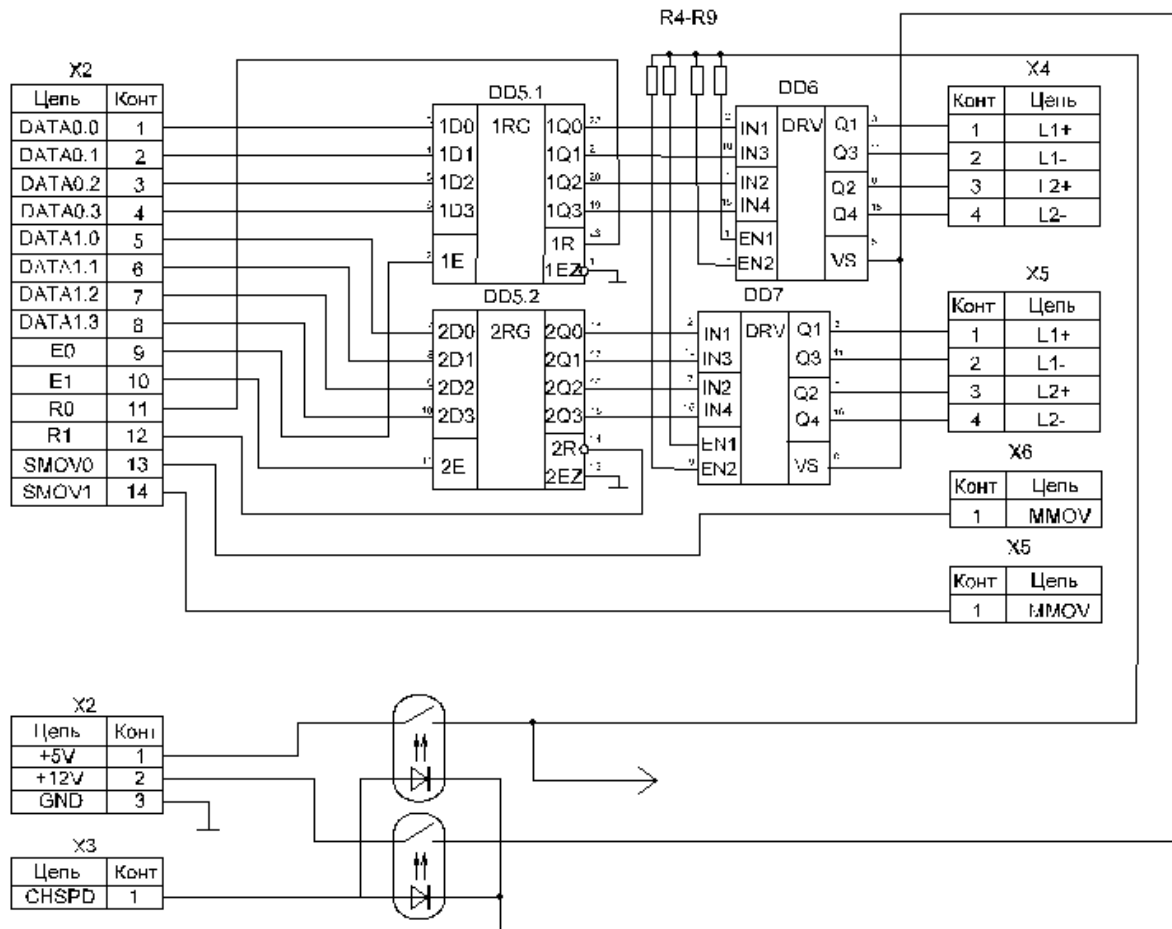


Рисунок 3.17 – Електрична принципова схема підключення МС в БК ходовою частиною АМР

Враховуючи вищеписане, можна розробити структурну схему підключення МС у БК сонарами (рисунок 3.18).

Для роботи даного БК (рис. 3.18) в режимі ультразвуку необхідно застосовувати генератор. Робота якого повинна виконуватись на частоті 30КГц. Фільтр мікрофона буде забезпечувати безперешкодне проходження сигналу тільки заданої частоти. Тому потрібно виконати розрахунок номіналу необхідних резисторів та конденсаторів для фільтра мікрофону.

Принципову схему фільтра мікрофона [39-41] представлено на рисунку 3.19. Дана принципова схема складається із 2 пасивних фільтрів, що підключені послідовно: фільтри нижніх (R_1, C_1) та верхніх частот (R_2, C_2).

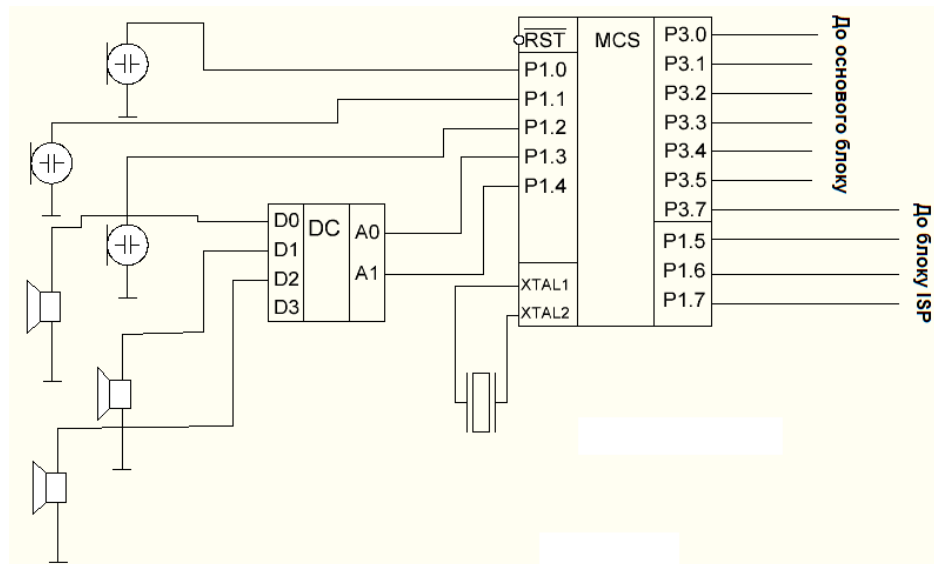


Рисунок 3.18 – Запропонована структурна схема підключення сонарів до МК БК сонарами

Розрахунок фільтра мікрофону буде зводитись до розрахунку номіналів компонент в залежності від основної частоти фільтра. При цьому будемо вважати, що $R_1 = R_2 = R$, а $C_1 = C_2 = C$.

$$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot R}, \quad (3.1)$$

де C - номінальне значення для конденсаторів фільтра мікрофону; R - номінальне значення для резисторів фільтра мікрофону, f_0 - базова частота фільтра мікрофону.

Виходячи рекомендацій [39-41], приймаємо рішення використовувати резистори із номіналом, що дорівнює $R = 5,1$ кОм. Тоді, номінал ємності буде становити - $C = 1$ нФ.

Номінали резистора та встановленого конденсатора в ланцюзі мультивібратора знайдемо із наступної формули:

$$f_0 = \frac{0,46}{2\pi \cdot R \cdot C}. \quad (3.2)$$

Виходячи з рекомендацій [39-41] приймаємо рішення використовувати резистори із номіналом, що дорівнює $R = 2,4 \text{ кОм}$. Тоді номінал ємності в складатиме - $C = 1 \text{ нФ}$.

Для формування імпульсів живлення випромінювача необхідно використовувати спеціальний Н-міст. Для керування вмиканням та вимиканням живлення випромінювачів будемо використовувати спеціальний дешифратор два в чотири. Через використання польових транзисторів дешифратор вмикає або вимикає певний випромінювач.

Таким чином, принципова схема керування матиме наступний вигляд, представлений на рисунку 3.19.

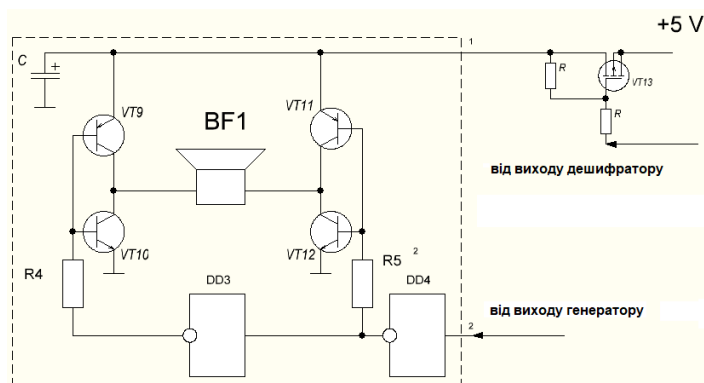


Рисунок 3.19 – Електрична принципова схема керування випромінювачем

Розроблену електричну принципову схему приймача ультразвукового сигналу (до 30 кГц) зобразимо на рисунку 3.20.

Виконавши підключення всіх мікрофонів, випромінювачів, генераторів, дешифраторів до МК, згідно зі запропонованою структурною схемою, отримаємо електричну принципову схему всього блоку (рис. 3.21).

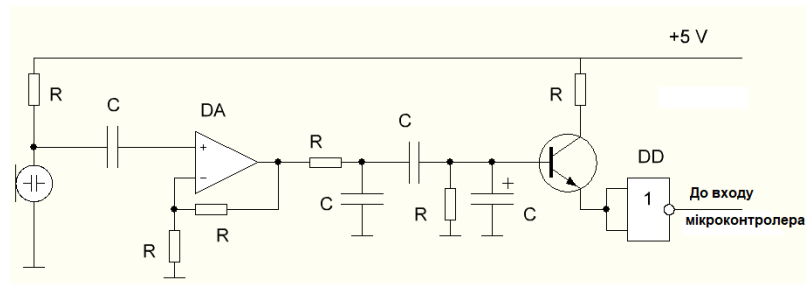


Рисунок 3.20 – Електрична принципова схема приймача ультразвукового сигналу до 30 кГц [39-41]

3.5 Розробка блоку контролю стану живлення АМР

Ядром даного блоку повинен бути МК, який виконуватиме моніторинг стану живлення, прийматиме сигнали керування від основного блоку, створюватиме сигнали керування на вимкнення інших модулів системи. Як і в БК сонаами, у даному блоці доцільніше використовувати МК із малою вбудованою пам'яттю, двома портами вводу/виводу та наявністю ISP. Як і в БК сонарами, ми будемо використовувати МК типу AT89S2051 [38], виводи якого P1.0 та P1.1 містять аналоговий компаратор, що буде використовуватися для контролю стану живлення. Структурну схему контролера живлення АМР на основі AVR контролера представлено на рисунку 3.22.

Резистор R1 (рис. 3.22) обмежує струм, що тече крізь стабілізатор, резистори R2 та R3 використовуються в якості резистивних дільників напруги. На входи МК AT89S2051 можна подати сигнали в діапазоні від 0 до 5 В. Виконаємо необхідний для вибору розрахунок резистору R1. В якості стабілітрону будемо застосовувати 2С147Г [42]. Так як сила струму навантаження складатиме 7 мА, врахуємо силу струму стабілітрона (не більше 5 мА) отримуємо загальних 12 мА. На вхід МК необхідно подати рівень напруги не вище 5 В, отже, падіння рівня напруги на резисторі повинно складати не менше 7 В, таким чином номінал резистору $R_1 = 7 \text{ В} / 12 \text{ мА} = 583,333 \text{ Ом}$.

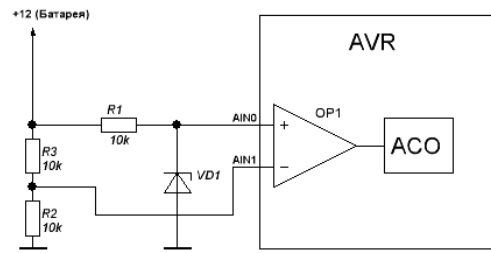


Рисунок 3.22 – Загальний вигляд структурної схеми контролера живлення АМР розроблені на базі AVR контролера [43]

Розрахунок резисторів R_2 та R_3 будемо виконувати згідно із формулою $u_1/u_2 = r_1/r_2$ (у даному випадку R_2 та R_3), експериментальним шляхом підбираємо $R_2 = 1 \text{ кОм}$, тоді $u_1 = 12 \text{ В}$, звідки величина напруги $u_2 = 3 \text{ В}$ для порівняння, отже, тоді $R_3 = 3 \text{ кОм}$.

Код блоку необхідного для ввімкнення/вимкнення буде йти за сигналами PD0 - PD3, вихідні дані з блоку являють собою байт команд керування на ввімкнення або вимкнення інших блоків, а також сигнали RESET основного блоку, а також біти прийому/передачі інформації, що квіртують. Використовуючи реєстр засувки можна також організувати інтерфейс ISP для можливого перепрограмування МС безпосередньо на платі.

З огляду на все вище описане, розробимо структурну схему даного блоку (рис. 3.23).

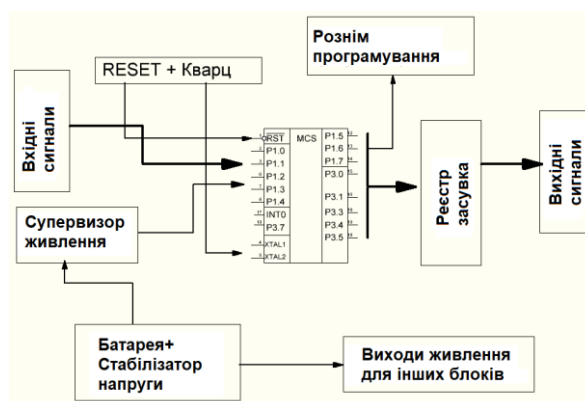


Рисунок 3.23 - Структурна схема підключення контактів, шин та МС до МК блоку живлення АМР

- P1.0, P1.1 – виходи для аналогового компаратора, під'єднані в якості моніторингу рівня живлення, виконують постійне порівняння номінального рівня напруги акумулятора (12 В) та рівня мінімальної напруги живлення МС СК (3 В);
- P3.2 - вхід запиту переривання основного блоку;
- P1.2 - P1.4 - вхід кодування для вимкнення вказаного блоку;
- P1.5 - P1.7, P3.0 - входи/виходи для інтерфейсу програмування;
- P1.5 - P1.7, P3.0, а також P3.3, P3.4 – входи можуть бути використані також для формування впливів керування (увімкнення або вимкнення);
- P3.5 – вихід для сигналу попередження низького заряду батареї АМР;
- P3.1 - вихід дозволу запису на реєстр засувки. Високий рівень дозволяє запис у реєстр, низький лише зберігає поточний стан реєстр та виводить значення на виходи МС [43].

3.6 Розробка ISP блоку для АМР

Блок ISP для АМР необхідний для програмування та налаштування СК в різних умовах роботи АМР. Основний метод програмування - дистанційне керування з використанням інфрачервоного порту. Також вирішено реалізувати USB-інтерфейс для програмування за допомогою персонального комп'ютера. Всі розроблені та запропоновані блоки оснащені рознімами для налаштування та програмування з використанням інтерфейсу SPI. Це дозволить виконувати налаштування або програмування на нові алгоритми роботи кожного блоку окремо. Для зниження кількості виводів СК, необхідно з'єднати сигнали MOSI, MISO та SCK усіх виводів блоків, залишивши CS для в якості дозвільного входу від програматора. Таке схемотехнічне рішення зробить не можливим одночасне програмування блоків СК АМР [17-21].

Також буде реалізовано можливість вимкнення в блоці ISP системи дистанційного керування за допомогою ІЧ порту. Це може стати в нагоді під час

автономної роботи поза зоною видимості людини-оператора. Дана функція може призвести до неможливості керування АМР, тому команду вимкнення зв'язку через ІЧ порт необхідно супроводжувати даними про час вимкнення. Таким чином, СК повинна автоматично увімкнути зв'язок через ІЧ порт після проходження певного проміжку часу, це повинно задаватися програмно в блоці керування рівнем живленням АМР [17-21].

Принципова схема підключення зв'язку по ІЧ порту в блоці ISP представлена на рисунку 3.25.

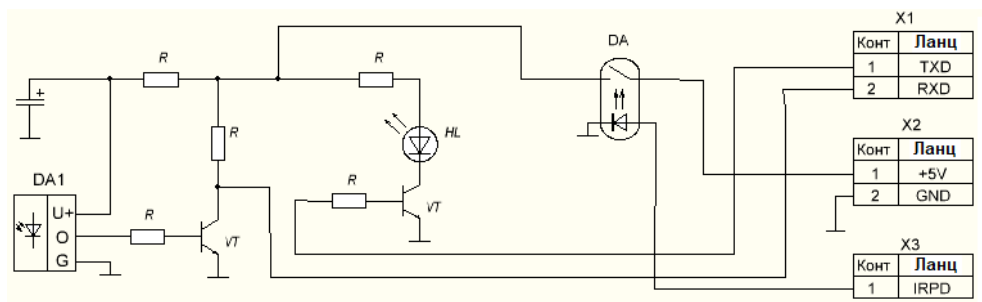


Рисунок 3.25 – Електрична принципова схема модуля зв'язку по ІЧ порту в блоці ISP

Ланцюг X1 підключається до аналогічного розніму в основному блоці (рис. 3.25), тоді ланцюг X2 підключається до шини живлення + 5 В. X3 - ланцюг керування живленням зв'язку по ІЧ порту.

Принципова схема підключення SPI інтерфейсу в блоці ISP представлена на рисунку 3.26.

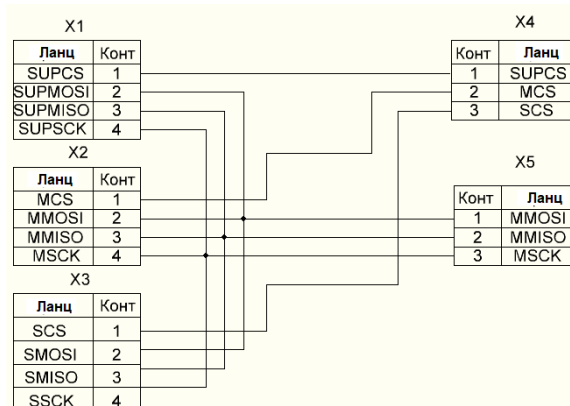


Рисунок 3.26 – Електрична принципова схема підключення ISP рознімів

Ланцюги X1, X2 та X3 під'єднані до відповідних рознімів блоків контролю рівня живлення, БК маніпулятора та БК сонарів.

Ланцюги X4 та X5 підключаються до розніму ISP програматору (рис. 3.26).

3.7 Висновки до третього розділу

Було виконано розроблення методу керування автономним мобільним роботом, а саме розроблення основного мікропроцесорного блоку керування, підбір компонентів, складання електричної схеми, розроблення блоку керування встановленим маніпулятором із складанням електричної схеми, розроблення блоку керування ходовою частиною, блоку керування сонарами, блоку контролю стану живлення та ISP блоку для АМР.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АВТОНОМНИМ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ

4.1 Аналітичні дослідження блоків керування АМР

Розроблена СК АМР побудована із використанням блокової (модульної) структури. Така технологія відкриває широкий спектр модернізації та зміни структури АМР, оскільки змінювати доведеться не всю конструкцію АМР, а тільки її частину - окремі модулі, тобто використано мехатронний підхід в побудові [9, 10, 15].

Як вже вказувалось раніше, СК АМР складається із шести модулів:

- основний процесорний модуль АМР;
- БК ходовою частиною;
- БК маніпулятором;
- БК сонарами;
- блок ISP;
- блок контролю стану автономного живлення АМР.

Залежно від завдання та мети роботи СК може бути розширеною або звуженою.

4.1.1 Основний процесорний модуль АМР

Завданням процесорного модуля є керування всіма іншими модулями АМР, тобто модулем керування ходової частини, модулем керування маніпулятора, модулем керування сонарних давачів, модулем контролю стану живлення та модулем ISP, а також інших блоків, під'єднаних до нього.

Ядром даного модуля є МК сімейства MCS-51 [20, 21]. Програма МК записана у внутрішньому ПЗП, також є зовнішнє ПЗП, що не залежить від рівня живлення.

В адресний простір включено програмований паралельний інтерфейс

(ППІ) типу KP580BB55 [23] для організації додаткових портів вводу/виводу.

З огляду на можливу модернізацію СК (підключення нових модулів), до блоку можливе підключення нових модулів, використовуючи шину даних. Дешифратор адреси основного процесорного блока дає змогу під'єднати до семи нових пристроїв без зміни основного блока [23].

Програмування блоку виконується двома способами:

- ІЧ канал зв'язку, при використанні переносного пульта для дистанційного керування;

- USB шина, для зв'язку СК з персональним комп'ютером.

4.1.2 БК ходовою частиною АМР

Ходова частина АМР буде представляти собою гусеничне шасі із двома електроприводами на базі крокових електродвигунів. Керування електроприводами буде забезпечуватись безпосередньо з основного блоку, що дає оперативність роботи ходової частини. Програмно реалізовано шість швидкісних режимів роботи електродвигунів. Опис швидкісних режимів наведено в таблиці 4.1. Електродвигуни приводу можуть бути активовані паралельно, що дає можливість виконувати складне маневрування шляхом завдання різних швидкісних режимів [30-33].

Таблиця 4.1 – Короткий опис швидкісних режимів ходової частини АМР

Номер швидкості	Опис
0	Швидкість низка, точність переміщення – висока.
1	Швидкість середня, точність переміщення – висока.
2	Швидкість висока, точність переміщення – висока.
3	Швидкість низка, точність переміщення – низька.
4	Швидкість середня, точність переміщення – низька.
5	Швидкість висока, точність переміщення – низька.

Так само існує можливість завдання напрямку обертання для кожного електродвигуна окремо, це посилює можливості маневру. Наприклад, для

повороту ліворуч можна задати команду увімкнути праву гусеницю на рух уперед, а ліву на посилене гальмування, а для розвороту одну з гусениць рухати в одному напрямку, а другу – в протилежному.

Для формування імпульсів живлення для крокового електродвигуна, як і в БК маніпулятором, було використувуватись ІДД - L293D [34].

Для крокових електродвигунів ходової частини бажана наявність пристрою контролю роботи вузлів. Для цього будемо резервувати спеціальні сигнали SMOV0 та SMOV1.

Низька точність буде характеризуватись більшою величиною кута одного кроку крокового електродвигуна (КЕД). Таким чином, за низької точності КЕД буде обертатися набагато швидше, ніж при високій точності руху АМР.

Існує можливість вимкнення живлення КЕД, під час активізації якої КЕД зможуть вільно обертатися за рахунок дії зовнішніх сил. Апаратно буде реалізовано повне гальмування КЕД в разі його неактивності [30-33].

Даний блок оснащено ланцюгами керування живленням для вмикання/вимикання блоку.

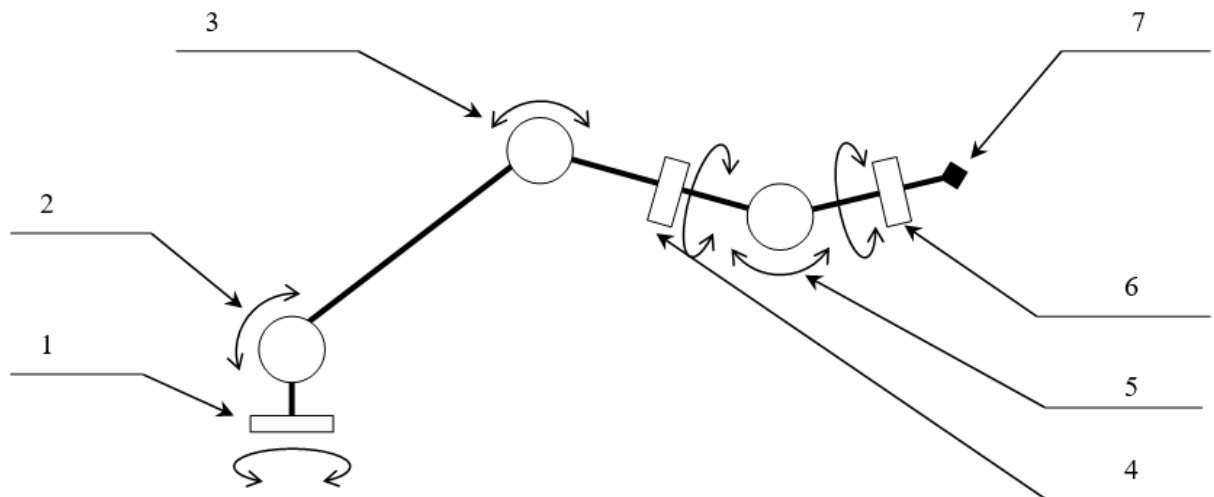
4.1.3 БК маніпулятором АМР

Маніпулятор АМР являє собою механічну систему, що використовується для переміщення робочого модуля (інструменту) в необхідну просторову точку [9, 10, 15].

У такому випадку БК маніпулятором повинен підтримувати маніпулятор із шістьма ступенями свободи. Схематичне зображення варіанту виконання такого маніпулятора представлено на рисунку 4.1.

Керування вузлами маніпулятора для АМР здійснюється в послідовному режимі. Тобто активація більше як одного вузла маніпулятора одночасно неможлива. Контролер виконано на базі МК типу MCS-51 [19-21]. В якості драйверів КЕД, що використовуються в даному випадку у вузлах маніпулятора, була використана ІДД - L293D [34].

Маніпулятор повинен бути оснащений пристроєм контролю роботи вузлів. Даний пристрій повинен повертати одиничний імпульс під час здійснення кроку КЕД вузла. У загальному вигляді він представляє собою енкодер із вбудованим дільником частоти. Такий пристрій у нашій роботі не реалізують, тому для нього лише описують протокол роботи та функції.



1 – основа, з можливістю обертання; 2, 3, 5 – вузли маніпулятора; 4 – вузол, для обертання навколо осі між шарнірами 5 та 3; 6 – вузол, для обертання робочого органу; 7 – робочий орган

Рисунок 4.1 – Загальний вигляд варіанту конструкції маніпулятора для АМР:

Для кожного вузла повинен бути встановлений свій власний контролер активності. Сигнали з цього контролера будуть потрапляти на мультиплексор та в залежності від активного вузла буде відбуватися вибір необхідної лінії контролера.

Для БК маніпуляторів прописана можливість вимкнення живлення для зменшення рівня споживаної напруги.

4.1.4 БК сонарами АМР

Даний блок реалізує виявлення перешкод за допомогою використання ультразвукової ехолокації. Принцип звукової ехолокації представлено на

рисунку 4.2.

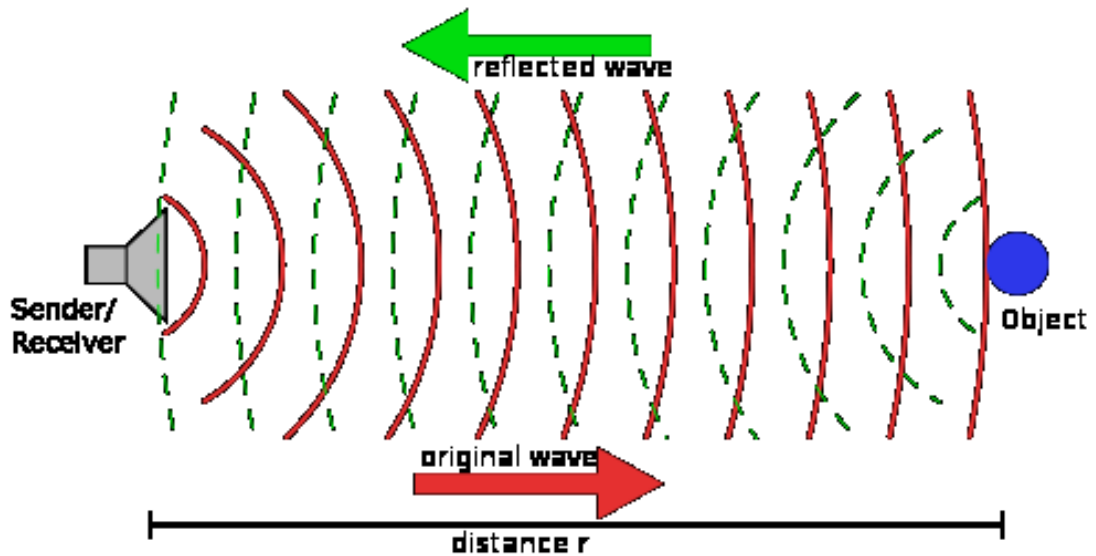


Рисунок 4.2 – Загальний вигляд принципу звукової ехолокації

Ядром даного блока є МК сімейства MSC-51, наприклад AT89S2051 [38].

Блок містить як мінімум 3 мікрофони, для сприймання ультразвукових коливань та 3 випромінювальні елементи. З'єднані попарно ці пристрої будуть утворювати 3 сонари, і в кожний окремий момент часу працювати може тільки одна пара, дві інших відключені, щоб не створювати перешкод для сигналів. Сонари монтуються поза корпусом АМР залежно від конструкції (наприклад, один із сонарів - передня частина ходової частини, два інших - бічні частини ходової частини).

У схемі використовуються конденсаторні мікрофони, для посилення сигналу, що надходить із такого мікрофона, використовується операційний підсилювач типу К1401УД2А [44]. Сигнал з операційного підсилювача надходить на пасивний вибіркового RC-фільтр.

Робота випромінювальних елементів виконується на частоті 30 кГц. Робота сонарів виконується автономно і кожен 1/25 секунди формується один байт даних для обробки основним блоком. Якщо ж під час роботи АМР не потрібна робота сонарів, існує можливість постійного або тимчасового

вимкнення даного блоку.

4.1.5 Блок ISP для АМР

Даний блок є єдиним модулем у системі, що не містить МК. Модуль є ІЧ-приймачем, що містить в конструкції підсилювач, демодулятор та фільтр. Також включає в себе шини SPI та USB, для керування і налаштування основного блоку та інших блоків, використовуючи провідні інтерфейси.

Вхід і вихід модуля ІЧ-порту підключаються безпосередньо до лінії послідовної передачі даних центрального МК. Живлення модуля так само є керованим ЦПУ.

4.1.6 Блок контролю стану автономного живлення АМР

Блок контролю стану автономного живлення АМР реалізовано на акумуляторній батареї, стабілізаторі напруги K142EH5 [45] (для МС, які потребують живлення TTL) і МК ATMEL [46]. Так само в блоці контролю стану автономного живлення АМР використано аналого-цифровий перетворювач (АЦП) для оцифрування величини споживаної сили струму АМР.

МК виконує моніторинг споживаної сили струму. Щойно заряд акумулятора досягне рівня нижчого за мінімум, система створить сигнал для МК про те, що акумулятор розряджений.

На МК надходить три біти з основного блоку, які описують, який блок потрібно або знеструмити або ввімкнути.

Програмування МК виконується після виготовлення моделі АМР, оскільки для точного моніторингу потрібно провести вимірювання споживаної сили струму АМР у всіх режимах його роботи (як у режимі повного вимкнення модулів, так і в режимі максимального навантаження). Після чого потрібно внести корективи в програму МК і провести запис створеної програми в МК. Під час зміни акумулятора, зміни загальної структури АМР, зміни програм інших МК так само необхідне повторне програмування МК блока контролю стану

автономного живлення АМР вищеописаним способом.

Система моніторингу величини споживаної сили струму так само може бути знеструмлена ЦПУ [46].

4.2 Розроблення програмного забезпечення АМР

ПЗ для АМР складається з ПЗ основного блоків та ПЗ блоків периферії (блоків маніпулятора, сонарів, блоку контролю стану автономного живлення).

Перед написанням блок-схем алгоритмів визначимо протоколи взаємодії між блоками СК АМР, а також, які з команд він може виконувати.

4.2.1 Протоколи взаємодії між блоками СК АМР

У запропонованій конструкції всі взаємодії здійснюються через основний модуль. Таким чином будуть розглянуті протоколи взаємодії між основним модулем і всіма іншими блоками.

Наприклад, протокол взаємодії між основним модулем і модулем сонарих давачів працює тільки «в один бік». Модуль сонарих давачів по черзі запускає сонорні давачі та передає інформацію про їх стан у порт. Для опису стану всіх трьох сонарих давачів необхідно шість біт (по два біти на давач).

Опис усіх бітів протоколу взаємодії блока сонарів та основного блока АМР представлено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Опис використаних контактів ланцюгів сонарів

Номер біту	Номер контакту в ланцюгу сонарів	Підключення	Короткий опис
0, 1	1, 2	A0 та A1 ППІ	Стан сонару 0
2, 3	3, 4	A2 та A3 ППІ	Стан сонару 1
4, 5	5, 6	A4 та A5 ППІ	Стан сонару 2

Біти 6 та 7 будуть використовуватись для зворотного зв'язку маніпулятора.

Їхній опис буде представлено нижче.

Протокол взаємодії основного модуля і БК маніпулятором має складнішу структуру. У таблиці 4.3 наведено опис усіх використаних контактів у ланцюзі керування маніпулятором АМР [47-54].

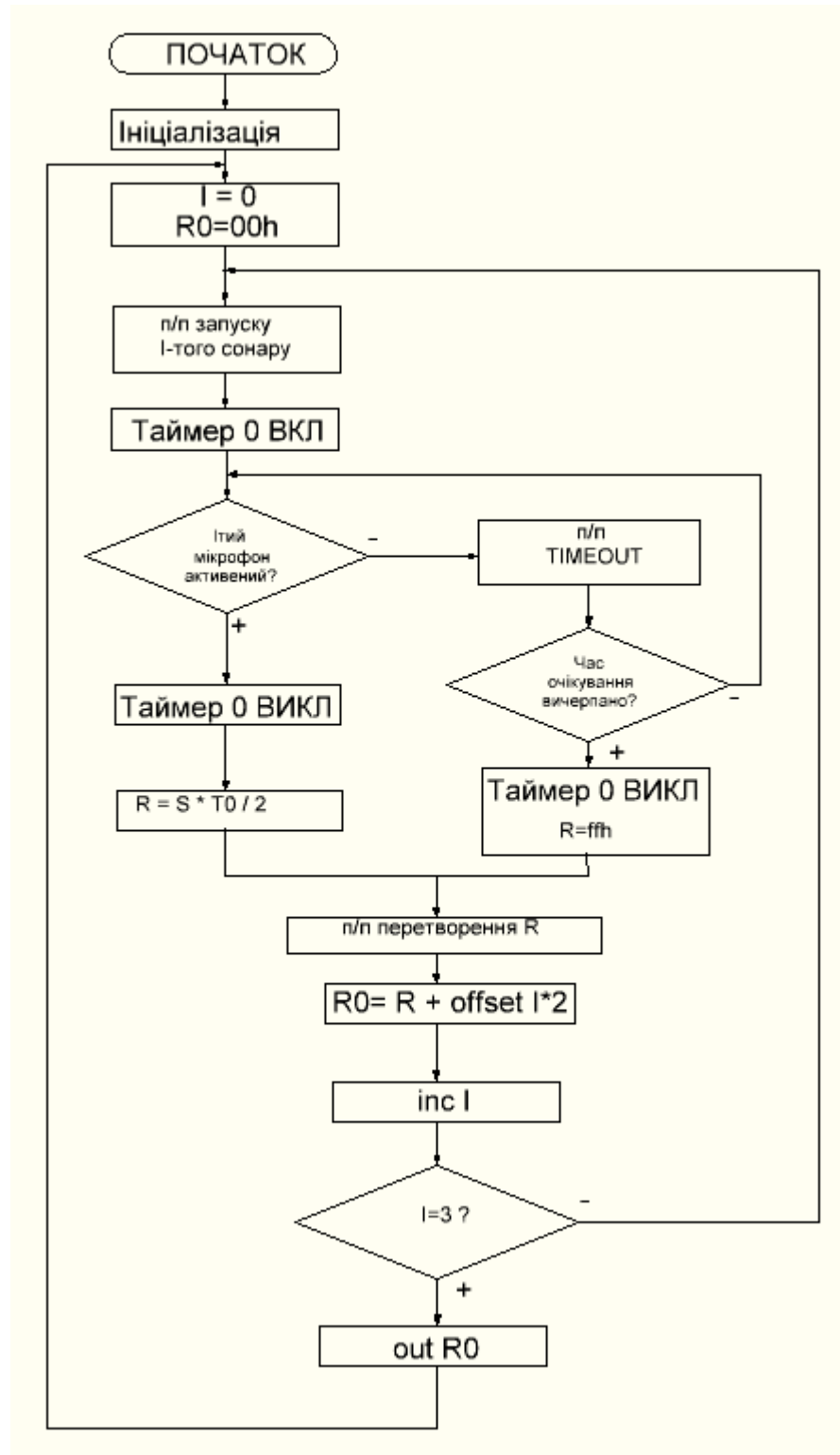


Рисунок 4.3 – Блок-схема алгоритму роботи блоку сонарів

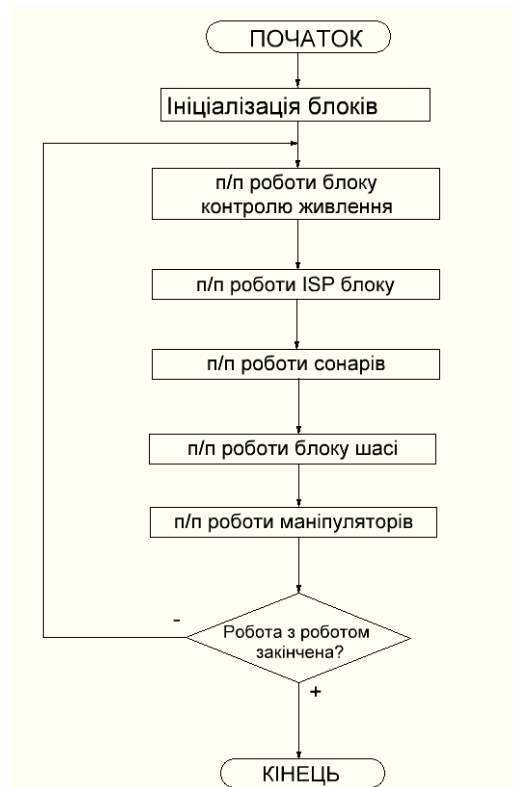


Рисунок 4.4 – Загальний алгоритм роботи СК

Таблиця 4.3 – Короткий опис контактів ланцюга керування маніпулятором

АМР

Номер біту	Номер контакту в ланцюзі маніпулятора	Підключення	Короткий опис
0	1	A6 ППІ	Біт встановлюється в стан логічна 1 коли вузол маніпулятора не рухається або спинився
1	2	A7 ППІ	Біт встановлюється в стан логічна 1 коли вузол маніпулятора рухається або активний
2-4	3-5	B0, B1 та B2 ППІ	Номер вузла маніпулятора, за допомогою якого будуть виконуватись операції
5	6	B3 ППІ	Напрямок обертання валу електродвигуна вибраного вузла маніпулятора, логічний 0 – за часової стрілкою, логічна 1 – проти часової стрілки
6	7	B4 ППІ	Швидкість обертання валу електродвигуна вибраного вузла маніпулятора, логічний 0 – низька швидкість обертання, логічна 1 - висока
7	8	B5 ППІ	Точність руху маніпулятора, логічний 0 – низька точність, логічна 1 - висока
8-10	9-11	C0, C1 та C2 ППІ	Біти, що описують номер вузла маніпулятора, при роботі якого виникла НП

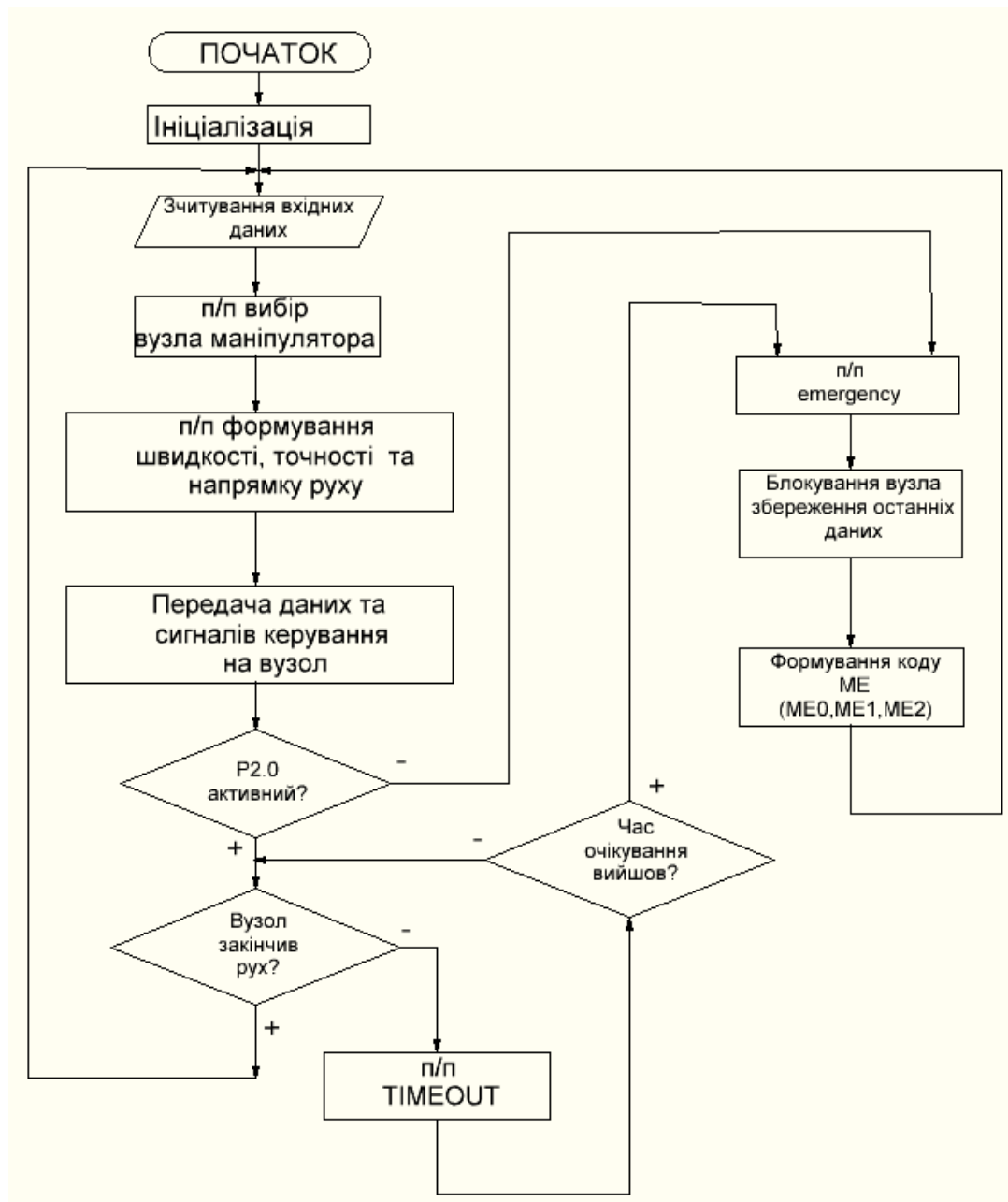


Рисунок 4.5 – Блок-схема алгоритму роботи блоку керування маніпуляторами

За бітами 0 та 1 (табл. 4.3) можна судити про наявність можливої аварійної ситуації, наприклад, коли очікується рух маніпулятора, а він не можливий (наприклад, $MMOV = 1$, $MSTOP = 1$), тоді біти 8-10 вкажуть, який саме КЕД перебуває в аварійній ситуації.

Керування блоком ходової частини виконується безпосередньо із МК основного блока, у ланцюзі керування задіяно чотирнадцять біт даних, опис яких представлено в табличному виді.

Таблиця 4.4 – Короткий опис контактів ланцюгів керування ходовою частиною АМР

Номер біту	Номер контакту в ланцюзі маніпулятора	Підключення до МК	Короткий опис
0-3	1-4	P2.0 - P2.3	Передача даних на лівій КЕД
4-7	5-8	P2.4 - P2.7	Передача даних на правий КЕД
8	9	P4.0	Вихід дозволу роботи лівого КЕД: логічний 0 – посилене гальмування, логічна 1 – рух дозволено
9	10	P4.1	Вихід дозволу роботи правого КЕД: логічний 0 – посилене гальмування, логічна 1 – рух дозволено
10	11	P3.3	Біт відмикання посиленого гальмування лівого КЕД, логічний 0 – гальмування вимкнено, логічна 1 – гальмування ввімкнене.
11	12	P3.4	Біт відмикання посиленого гальмування правого КЕД, логічний 0 – гальмування вимкнено, логічна 1 – гальмування ввімкнене.
12	13	P3.5	Біт зворотного зв'язку лівого КЕД Повинна бути логічна 1 при русі КЕД
13	14	P1.0	Біт зворотного зв'язку правого КЕД Повинна бути логічна 1 при русі КЕД

В керуванні та контролі рівня автономного живлення АМР приймають участь МК основного блоку та МК системи живлення. Короткий опис вхідних та вихідних сигналів основного блоку, а також протокол представлено в табличному вигляді.

Таблиця 4.5 – Короткий опис контактів ланцюгів керування автономним живленням АМР

Номер біту	Номер контакту в ланцюзі	Підключення до МК	Короткий опис
0-2	1-3	P1.2- P1.4	Біти відповідальні за визначення блоку для вимкнення подачі живлення
3	4	P3.2	Вихід для передачі запиту переривання на відключення блоку

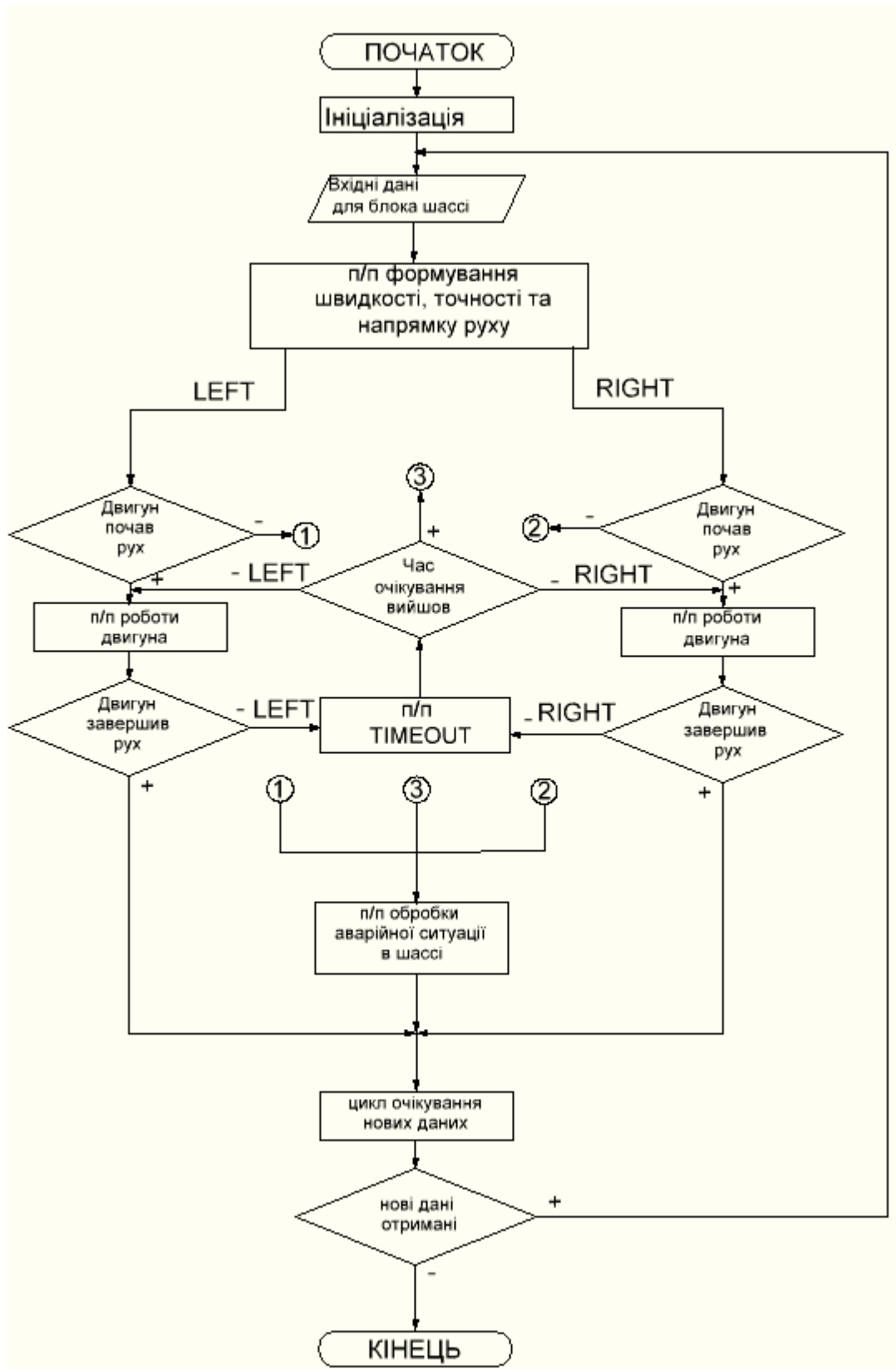


Рисунок 4.6 – Блок-схема алгоритму роботи блоку керування ходовою частиною

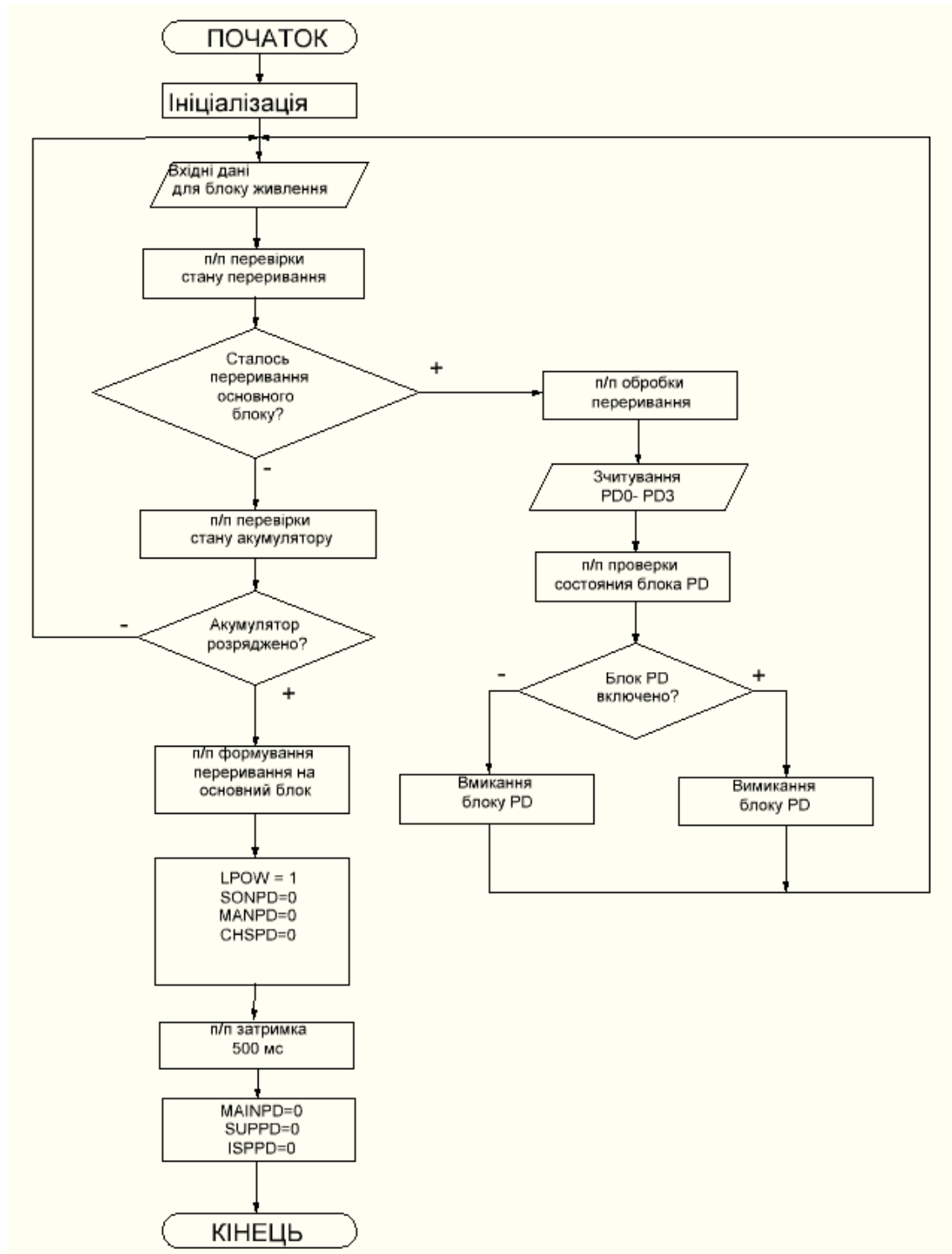


Рисунок 4.7 – Блок-схема алгоритму роботи блоку контролю стану живлення

Залежно від стану бітів 0-2, БК рівня автономного живлення створює наступні керівні сигнали [47-54].

Таблиця 4.6 – Протокол вмикання/вимикання блоків СК АМР

PD0 (контакт №1)	PD1 (контакт №2)	PD2 (контакт №3)	Назва контакту	Вмикання/вимикання блоку
0	0	0	CHSPD	Ходова частина
0	0	1	MANPD	Маніпулятор
0	1	0	SONPD	Блок сонарів
0	1	1	SUPPD	Контроль рівня автономного живлення
1	0	0	MAINPD	Основний блок
1	0	1	ISPPD	Блок ISP
1	1	0	--	Не використовується
1	1	1	MR	Створення сигналу RESET основного блока

У разі розрядки акумулятора блок контролю рівня автономного живлення для АМР створює сигнали запиту переривання на основний блок за допомогою ланцюга INTPD, а також причину за допомогою сигналу LPOW встановивши в стан логічна 1.

4.2.2 Розроблення протоколу програмування АМР

Програмування дій АМР виконується за допомогою ІЧ-порт. Протокол програмування представлено в табличному вигляді.

Таблиця 4.7 - Протокол програмування АМР

№ пакету	Склад пакету	Короткий опис
1	2	3
1	55h	Відправляється від зовнішньої системи до АМР. Після відправки система чекає 5 мс, якщо за вказаний період часу АМР не відповість пакетом №2, пакет №1 відправляється знову. Повторюється до тих пір поки не буде надана відповідь. При отриманні пакету №1, АМР припиняє будь-яку роботу і переходить в стан керування/програмування.
2	AAh	Пакет №2 відсилається АМР до СК в якості підтвердження отримання пакету №1. При отриманні пакету №2 система переходить в стан керування/програмування АМР.
3	<код команди> 55h	В пакеті №3 зовнішня система передає код команди і необхідні дані для її виконання. Так як і в випадку отримання пакету №1, зовнішня система переходить в стан очікування на 5 мс, у випадку якщо буде відповіді від АМР, то СК відправить пакет знову.

4	AAh	Пакет №4 підтверджує отримання коду команди (пакет №3), відправляється АМР.
5	102055h	Пакет №5 відправляється АМР до зовнішньої СК якщо команда отримана в пакеті №3 були успішно виконана. В іншому випадку відправляється пакет №6. Якщо зовнішня система не відповість протягом 5 мс за допомогою пакету №7, то передача пакету №5 буде повторюватись.
6	FFFF55h	Пакет №6 відправляється АМР до зовнішньої СК у випадку не виконання команди. Якщо зовнішня СК протягом 5 мс не відповість пакетом №7, то передача пакету №6 повториться.
7	AAh	Пакет №7, відповідає за підтвердження прийняття результату виконання команди (пакет №3) від АМР.

Таблиця 4.8 – Опис кодів керування АМР за допомогою ІЧ-порту

№	Код команди	Короткий опис
1	00h	Команда завершення програмування/керування АМР через ІЧ-порт. При її виконанні АМР переходить в стан виконання дій, які були перервані в результаті переходу в стан програмування/керування.
2	01h	Команда запису програми – виглядає наступним чином: <байт команди><довжина програми><адреса запису><блок програми>. <байт команди> - тобто сам код команди - 01h <довжина програми> - байт, в якому прописана довжина блоку самої програми в байтах <адреса запису> - 2-байтове слово, яке містить адресу запису програми відносно початку області ПЗП програм АМР. <блок програми> - блок даних, що містить в собі програму АМР. Примітка: розмір блоку програми не може перевищувати 50 байт. Для транспортування програми більшої за 50 байт – команда буде відправлятися декілька разів з передачею даних із максимальним розміром блоку та з новою адресою запису.
3	02h	Команда завершення та переходу на адресу – виглядає наступним чином: <код команди><адреса програми> <адрес програми> - 2-байтове слово, адреса програми АМР, відносно початку області ПЗП програм АМР. При виконанні команди АМР переходить в режим виконання дій, починаючи з адреси, вказаної в команді.
4	03h	Виконати дію – виглядає наступним чином: <код команди><код дії> <код дії> - код дії АМР (див. табл. 4.7) При виконанні команди АМР виконує дію, яка вказана в команді та очікує наступних команд від зовнішньої СК.

Крім того існує комбінація, що відсилається АМР за допомогою використання ІЧ-порт у разі виникнення аварії. При отриманні даної комбінації

слід вважати, що функціонування АМР було зупинене та відновлення працездатності шляхом відсилання будь-яких команд буде неможливим. Код такої комбінації: 55 FF AA FF FF - команда буде надсилатись періодично.

У разі розрядження акумулятора ЦПУ переходить на оброблювач надзвичайної ситуації, що містить опис дій АМР в такому випадку. Для цього обробника відводиться 2 кБ пам'яті, починаючи, наприклад, з адреси 3800H та до адреси 3FFFH, і в разі виникнення такої ситуації керування буде передано за адресою 3800H [47-54].

4.2.3 Розроблення макрокоманд керування АМР

Представимо розроблені макрокоманди для керування АМР в табличному вигляді.

Таблиця 4.9 – Короткий опис макрокоманд керування для АМР

№ з/п	Мнемоніка	Код команди	Короткий опис
1	STOP	00	При виконанні команди STOP АМР перестав виконувати команди із пам'яті та переходить в режим очікування команд через ІЧ-порт.
2	MOVE	01 DD DD DD	Команда MOVE, тобто рух з параметрами, що вказані за допомогою операнду. Також в операнді вказана кількість ходів, яку повинна виконати ходова частина АМР, швидкість і напрямок руху. Формат операнду: Молодший байт – біти 0-1 – напрямок обертання головного валу КЕД. Біт 0 – для лівого КЕД, біт 1 – для правого КЕД. Логічна 1 – рух вперед, логічний 0 – рух назад. Біти 2-4 відповідають за швидкість обертання лівого КЕД, біти 5-7 – за швидкість обертання правого КЕД. Старші два байти – кількість мілісекунд активності електроприводів.
3	MOVI	02 DD DD	Команда MOVI, рух з заданою швидкістю та напрямком руху, до виникнення заданого стану сенсору. Стан сенсору вказується в операнді. Формат операнду: Молодший байт: аналогічно команді MOVE. Старший байт: біти 0-1 – номер давача (сонара) від якого очікується передача стану; біти 2-3 – тип стану сонару; біти 4-7 – зарезервовані, стан логічний 0.

1	2	3	4
4	MAN	03 DD DD	Команда MAN, керування встановленим маніпулятором. Вузол маніпулятора, що вказаний в операнді буде активним, поки не буде виконане задане число кроків. Формат операнду: Молодший байт: біти 0-2 – заданий номер вузла маніпулятора; біт 3 – напрямок обертання головного валу КЕД (логічний 0 – за годинниковою стрілкою, логічна 1 – проти годинникової стрілки); біти 4-5 – швидкість обертання головного валу КЕД (00 – КЕД без живлення, 01 – посилене гальмування КЕД, 10 – висока точність, 11 – низька точність КЕД); біти 6-7 зарезервовані, стан логічний 0. Старший байт – число кроків, які повинен виконати обраний вузол маніпулятора.
5	MANI	04 DD	Команда MANI, керування маніпулятором, вузол вказаний в операнді буде активним, поки на шляху не виявиться перепона, яка буде заважати рухові. Формат операнду: Молодший байт – аналогічно команді MAN.
6	WAIT	05 DD DD	Команда WAIT, або затримка. АМР буде в стані простою протягом часу, прописаного в операнді, без виконання будь-яких дій. Час затримки вказується в мілісекундах. Операнд – 2-байтове ціле число, без врахування знаку, визначає час простою в мілісекундах.
7	POWER	06 DD DD	Команда POWER або керування живленням модулів АМР. Формат операнду: Біт 0 – живлення ходової частини (логічна 1 – включено живлення); біт 1 – живлення блоку маніпулятору; біт 2 – живлення блоку сонарів; біт 3 – живлення системи автономного живлення; біт 4 – живлення блоку основного модуля; біт 5 – живлення для ІЧ-порту. Старший байт – час вмикання/вимикання блоку (в хвилинах).
8	GOTO	07 DD DD	Команда GOTO або безумовного руху по вказаній адресі. Операнд – 2-байтове число, адреса, по якому буде виконана вибірка наступної команди.
9	AWAR	FF	Команда AWAR або включити аварійний режим. В такому режимі всі модулі будуть вимкнуті, за винятком ІЧ-порту. Через ІЧ-порт буде виконуватись виведення коду ситуації, яка виникла.

Примітка: за допомогою букв DD виконується позначення байту даних, який є операндом.

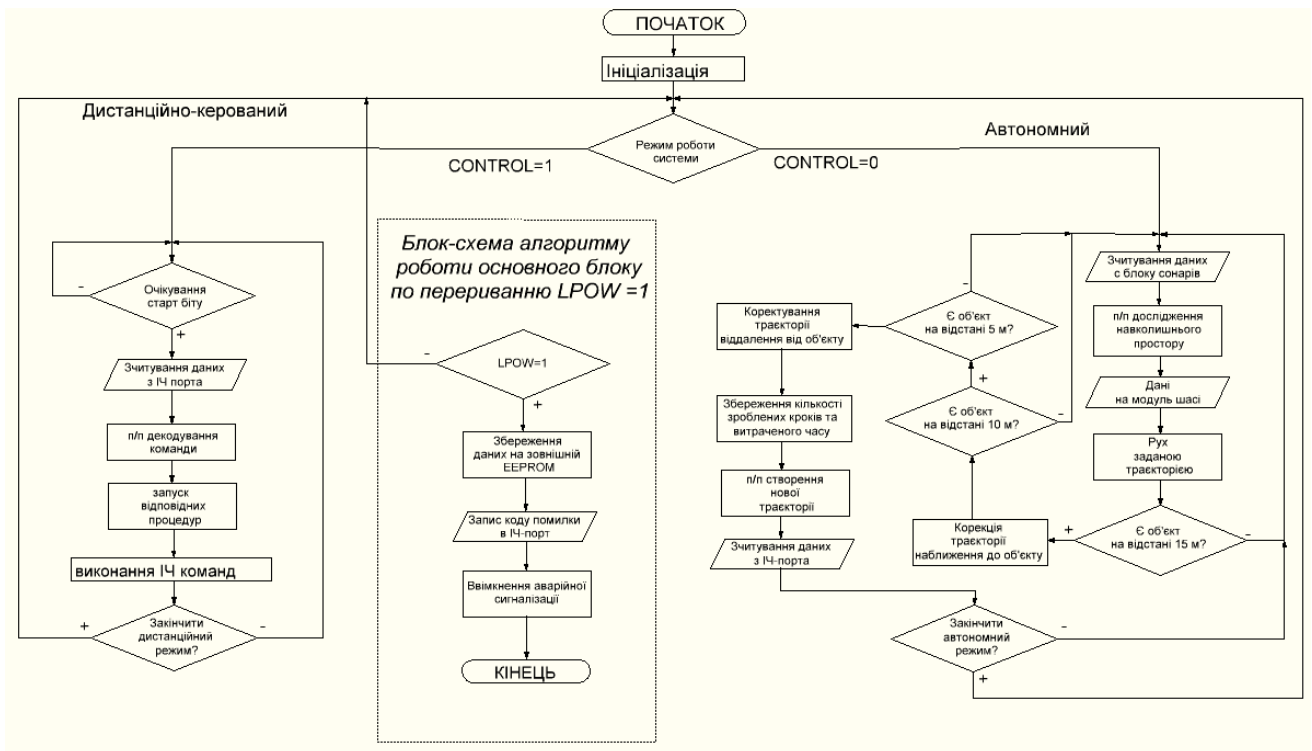


Рисунок 4.8 – Блок-схема алгоритму роботи основного МП блоку

4.3 Висновки до четвертого розділу

Виконано аналітичні дослідження блоків керування AMP, а саме основного мікропроцесорного блоку керування із складанням блок-схеми алгоритму роботи, блоку керування встановленим маніпулятором із складанням блок-схеми алгоритму роботи, блоку керування ходовою частиною із складанням блок-схеми алгоритму роботи, блоку керування сонарами із складанням блок-схеми алгоритму роботи, блоку контролю стану живлення та ISP блоку для AMP із складанням блок-схеми алгоритму роботи.

Виконано розроблення необхідного програмного забезпечення AMP.

ВИСНОВКИ

У цій кваліфікаційній роботі магістра було розроблено модульну систему керування АМР на основі МК сімейства MCS-51. Проведено огляд та аналіз джерел інформації по моделюванню і розробці автономних мобільних роботів. Розроблено загальну та детальні структурні схеми СК АМР. За результатами дослідження СК, а також результатами огляду джерел інформації були розроблені та запропоновані електричні принципові схеми наступних блоків:

- основний блок - центральний блок системи, що базується на МК типу AT89C5130A-M, а також оснащено додатковими портами для підключення інших блоків;

- БК ходовою частиною - використовується для переміщення АМР в просторі, заснований на двох ІДД, під'єднаних безпосередньо до основного блоку;

- БК маніпулятором - використовується для взаємодії із навколишнім середовищем за допомогою спеціального маніпулятора із шістьма ступенями свободи. Ядром блоку є МК типу AT89S51;

- БК сонарами - використовується для дослідження навколишнього простору біля АМР. Ядром модуля є МК типу AT89S2051;

- блок контролю за станом автономного живлення - необхідний для здійснення контролю за споживаним струмом. Ядром модуля, як і в блоці сонарів, є мікроконтролер AT89S2051;

- блок ISP для перепрограмування МК основного блоку, а також інших блоків, виходячи з конкретних ситуацій та стану навколишнього середовища.

Під час розроблення СК АМР було реалізовано наступні можливості:

- можливість підключення до семи нових блоків в адресний простір основного блоку;

- можливість простого оновлення та налаштування ПЗ для МК усіх блоків, користуючись ISP технологією;

- повна працездатність основного блока та блока ходової частини за відсутності інших блоків.

Під час розроблення електричних принципових схем було використано сучасну елементну базу та сучасні методи керування біполярними КЕД. Розроблено протоколи взаємодій блоків, протоколи програмування АМР, а також протоколи взаємодії модуля ІЧ зв'язку з пультом дистанційного керування. Розроблено блок-схеми основних алгоритмів програм.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Проектування промислових роботів та маніпуляторів: Навчальний посібник / Ковальов Ю.А., Кошель С.О., Манойленко О.П.. - К.: ЦУЛ, 2021. - 256 с. - (МОН України. КНУ технологій та дизайну). - ISBN 978-611-01-1690-9
2. Синтез робототехнічних систем в машинобудуванні: Підручник / Л. Є. Пелевін, К. І. Почка, О. М. Гаркавенко, Д. О. Міщук, І. В. Русан. – К.:ТОВ «НВП «Інтерсервіс»», 2016. – 258 с.
3. Auke Ijspeert, Carlo Menon. Modelisation and Simulation of Climbing Robots. Master Project, Simon Ruffieux, Simon Fraser University, 2008.- 21p.
4. Робототехнічні системи: проектування і моделювання [Електронний ресурс]: навч. Посіб. для студ. спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології» / М. М. Поліщук, М.М. Ткач; КПП ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл: 41,6 Мбайт). Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2021. - 112 с.
5. І.І. Павленко Роботизовані технологічні комплекси: Навчальний посібник / Павленко І.І., Мажара В.А. – Кіровоград: КНТУ, 2010. – 392 с.
6. Tin Lun Lam, Yangsheng Xu. Tree Climbing Robot: Design, Kinematics and Motion Planning. Springer Heidelberg, New York, 2012. - 178p.
7. Куцик А.С. Автоматизовані системи керування на програмованих логічних контролерах. Навчальний посібник/ Куцик А.С., Місюренко В.О. - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. - 200 с.
8. Кучерук В.Ю. Програмування логічних контролерів Schneider Electric. Навчальний посібник / В.Ю. Кучерук, В.О. Поджаренко, П.І. Кулаков – В.: ВДТУ, 2001. - 134 с.
9. Мехатроніка. Навчальний посібник / Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Човнюк Ю.В. – К., 2012. - 357 с.
10. Основи мехатроніки [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПП ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. М. Пересада, М. В.

Пушкар. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,87 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 137 с.

11. Белов А.В. Створюємо пристрої на мікроконтролерах / Белов А.В. - К.: Наука і Техніка, 2007. - 304 с.

12. Ф. Жімарші Складання та програмування мобільних роботів у домашніх умовах / Жімарші Фредерік ; пер. з англ. – Луцьк: НТ Прес, 2007. - 288 с. ISBN: 978-5-477-00256-6, 2-10-005527-5

13. Вільямс Дж. Програмовані роботи. Створюємо робота для своєї домашньої майстерні / Джеф Вільямс ; пер. з англ. - К.: Наука і Техніка, 2006 - 300 с. ISBN: 5-477-00126-7

14. Брага Н. Створення роботів у домашніх умовах / Брага Ньютон ; пер. з англ. Є. А. Добролежина. - Луцьк. : НТ Прес, 2007. - 368 с. : іл.

15. Введення в мехатроніку: навчальний посібник / А.І. Грабченко, В.Б. Клепіков, В.Л. Доброскок та ін. - Х.: НТУ "ХПІ", 2014. - 264 с. ISBN 978-966-303-527-7

16. Лекція №7. Дослідження конструкцій промислових та мобільних роботів. Модель мобільної системи Zumo Robot. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://msn.khmnpu.edu.ua/course/view.php?id=7609>

17. Мікропроцесорна техніка. Однокристалні мікроконтролери: навч. посібник / С.Р. Михайлов. - К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2014. - 123 с.

18. Схемотехніка електронних систем: у 3 кн. Кн. 3. Мікропроцесори та мікроконтролери: підручник [для студ. вищ. навч. закл.] / [В.І. Бойко, А.М. Гуржій, В.Я. Жуйков та ін.] – [2-ге вид.]. - К.: Вища шк., 2004. - 399 с.

19. Мікроконтролери: Архітектура, програмування та застосування в електромеханіці : навч. посіб. / Ю. С. Грищук. – Харків : НТУ «ХПІ», 2019. – 384 с.

20. Мікропроцесорна техніка : підручник / Ю. І. Якименко, Т. О. Терещенко, Є. І. Сокол та ін. / за ред. Т. О. Терещенко. – Київ : Політехнік, 2003.

– 440 с.

21. Алексієв О. П. Мікроконтролери для транспортних і промислових застосувань.: архітектура та програмування : навч. посіб. / О. П. Алексієв, О. Б. Богаєвський, В. П. Волков. – Харків : ХНАДУ, 2004. – 156 с.

22. AT89C5130A-M [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://www.microchip.com/en-us/product/at89c5130a-m>

23. Мікросхема KP580BB55A. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://kulibin.sumy.ua/radiodetali/microshemu-razdel/mikrosxema-kr580vv55a-1-sht.html>

24. Мікросхема K1533АП9 [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://zapadpribor.com/kr1533ie9/>

25. Мікросхема K1533IP22 [Електронний ресурс] – Режим доступу:

https://microteh.ck.ua/index.php?route=product/product&path=1_4_24&product_id=13086

26. Мікросхема KP1533ІД7 [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://affinage.org.ua/mikrosxema-1533id7>

27. Мікросхема AT89C5130A-M [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://standart-pribor.com.ua/product/at89c5130a-rdtum/>

28. Мікросхема AT25010A [Електронний ресурс] – Режим доступу:

https://www.radioradar.net/datasheet_search/A/T/2/AT25010A_ATMELCorporation.pdf.html

29. Мікросхема ADM707 [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<http://www.kosmodrom.com.ua/el.php?name=ADM707ARZ>

30. Електропривод: Механіка електроприводу. Електромеханічне перетворення енергії та електромеханічні властивості двигунів постійного струму: [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В.М. Пижов, Н.Д. Красношарпа, М.Я. Островерхов.– Електронні текстові дані (1 файл: 2,48 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря

Сікорського, 2019. – 198 с. (доступ за посиланням <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41950>)

31. Островерхов, М. Я. Електричні машини та електропривод [Електронний ресурс]: розрахункова робота для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», спеціалізації «Автоматизація хіміко-технологічних процесів і виробництв» / М. Я. Островерхов ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 466,01 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 76 с. (доступ за посиланням <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/22742>)

32. А. А. Видмиш, Л. В. Ярошенко. Основи електропривода. Теорія та практика. Частина 1. / Навчальний посібник. – Вінниця: ВНАУ, 2020. – 387 с.

33. Автоматизований електропривод ч. 2 [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів освітньої програми «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / В.І. Теряєв. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 204 с.

34. L293D - драйвер для двигунів. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://www.mini-tech.com.ua/drayver-dlya-dvigatelye-l293d-dip>

35. Мікросхема AT89S51 [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://electronoff.ua/good/mikrokontroller-at89s51-24ji-korpus-plcc-44.php>

36. Мікросхема K1533IP34 [Електронний ресурс] – Режим доступу:

https://microteh.ck.ua/index.php?route=product/product&path=1_4_24&product_id=22526

37. Мікросхема KP1533ЛН1 [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://standart-pribor.com.ua/product/kr1533ln1-mikroskhema/>

38. Мікросхема AT89S2051 [Електронний ресурс] – Режим доступу:

<https://standart-pribor.com.ua/product/at89s2051-24pu/>

39. Крушевський Ю. В., Гаврілов Д. В. Основи радіоелектроніки. Частина 2. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 164 с.

40. Схемотехніка електронних систем: підручник : у 3 кн. Кн 1. Аналогова схемотехніка та імпульсні пристрої / В. І. Бойко, А. М. Гуржій, В. Я. Жуйков та ін. – К. : Вища школа, 2004. – 366 с.
41. Аналогова схемотехніка : навчальний посібник / О. М. Кобяков, М. М. Ляпа, В. М. Лисенко та ін. – Суми : СумДУ, 2007. – 209 с.
42. Стабілітрон 2С147Г. [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://standart-pribor.com.ua/product/2s147g-stabilitron/>
43. Програмування мікроконтролерів AVR : [навчальний посібник] / С. М. Цирульник, О. Д. Азаров, Л. В. Крупельницький, Т. І. Трояновська. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 111 с.
44. Мікросхема К1401УД2А [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://standart-pribor.com.ua/product/k1401ud2a-mikroskhema/>
45. Мікросхема К142ЕН5 [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://standart-pribor.com.ua/product/k142en5a-mikroskhema/>
46. Мікроконтролери АТМЕL [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://radiolux.com.ua/catalog/3346>
47. Теорія автоматичного управління: Навчальний посібник [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології кібер-енергетичних систем»; уклад.: О. Й. Штіфзон, П. В. Новіков, В.П. Бунь. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 144 с.
48. А.П. Ладанюк Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами: Навч. посіб. / Ладанюк А.П., Архангельська К.С., Власенко Л.О. – К.: НУХТ, 2014. – 274 с.
49. Інтелектуальні системи автоматизації : монографія / Аврунін О. Г., Владов С. І., Петченко М. В., Семенець В. В., Татарінов В. В., Тельнова Г. В., Філатов В. О., Шмельов Ю. М., Шушляпіна Н. О. – Кременчук : Видавництво «НОВАБУК», 2021. – 322 с. ISBN 978-617-639-347-4.

50. М.Г. Попович Теорія автоматичного керування: Підручник / Попович М.Г., Ковальчук О.В. – 2-ге вид., перероб. і доп. – К.: Либідь, 2007. – 656 с.

51. Лукінюк М.В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічний об'єкти керування та схеми автоматизації: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ют.-інтег. технології / М. В. Лукінюк. - К.: НТУУ «КПІ», 2008. - 236 с.

52. Автоматизація виробничих процесів : підручник / І. В. Ельперін, О. М. Пупена, В.М. Сідлецький, С. М. Швед ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т харчових технологій. – Київ : Ліра-К, 2015, 2019. – 378 с.

53. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: Навчальний посібник / Барало О.В., Самойленко П.Г., Гранат С.Є., Ковальов В.О. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 557 с. ISBN 978-966-2007-12-1.

54. В.М. Синєглазов Автоматизація технологічних процесів: Навчальний посібник / Синєглазов В.М., Сергєєв І.Ю. – К.: НАУ, 2010. – 506 с.

55. Моделювання автоматичної системи керування швидкістю безконтактного приводу / Грозмані Я., Майдан П.С., Макаришкін Д.А., Соколан К.С., Радельчук Г.І. // ВИМІРЮВАЛЬНА ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ. 2023. - №4. - С

ДОДАТКИ

Додаток А

Стаття у фаховому журналі (подана в 4 номер ВОТТП, 2023р.)

УДК 681.1, 681.5, 621.8

DOI:

ГРОЗМАНІ Я.

Студент АКІТМ-22-1

МАЙДАН П.С.<https://orcid.org/0000-0003-3319-8730>maidanp@khmnu.edu.ua**МАКАРИШКІН Д.А.**<https://orcid.org/0000-0003-3447-811X>makaryshkin@ukr.net**СОКОЛАН К.С.**<https://orcid.org/0000-0002-3513-8312>sokolan.kateryna@gmail.com**РАДЕЛЬЧУК Г.І.**<https://orcid.org/0000-0002-9728-4390>gal_2015@ukr.net

Хмельницький національний університет

МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АВТОНОМНИМ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ

Загально відомо, що робототехніка - є одним із перспективних напрямків на сучасному етапі розвитку обчислювальної техніки [1-4]. Робототехнічні системи (РС) різної конфігурації та просторової будови знайшли використання в науково-дослідній діяльності та багатьох галузях промисловості, а крім того і в різних сферах діяльності людини. Розробка систем керування (СК) робототехнічними системами так само актуальна і не менш необхідна ніж розробка інших СК для обчислювальної техніки.

Існує кілька різновидів РС, і один з яких - це автономні мобільні роботи (АМР). Даний тип призначений для роботи в умовах, які не дають можливості використовувати РС передачу інформації чи живлення за допомогою радіоканалів або стаціонарних кабельних ліній. Такі моделі знайшли своє застосування в місцях, важкодоступних для людини та ізольованих від доступу радіохвиль або з відсутністю можливості прокладання кабелю живлення чи шини даних від РС до стаціонарної СК [1-4].

Ключові слова: мехатроніка, автономний мобільний робот, моделювання, блок керування, система автоматичного керування.

YAROSLAV GROZMANI, PAVLO MAIDAN, DENYS MAKARYSHKIN, KATERYNA SOKOLAN, GALINA RADELCHUK

Khmelnitskyi National University

MODELING OF AN AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR AN AUTONOMOUS MOBILE ROBOT

It is well known that robotics is one of the most promising areas at the present stage of development of computer science [1-4]. Robotic systems (RS) of various configurations and spatial structures are used in research and development activities and many industries, as well as in various areas of human activity. The development of control systems (CS) for robotic systems is as relevant and no less necessary than the development of other CS for computing.

There are several types of RC, and one of them is autonomous mobile robots (AMR). This type is designed to work in conditions that do not allow the use of information or power transmission via radio channels or fixed cable lines. Such models have found their application in places that are difficult to access for humans and isolated from radio access or with the inability to lay a power cable or data bus from the MS to the stationary SC [1-4].

Key words: mechatronics, autonomous mobile robot, modeling, control unit, automatic control system.

Постановка проблеми

На необхідно змоделювати роботу СК для АМР, а також необхідне програмне забезпечення (ПЗ). СК повинна бути призначена для організації автономної взаємодії РС із іншими об'єктами, використовуючи

маніпулятор в якості робочого органу, а також пересування в різних умовах навколишнього середовища. Загальне завдання, що буде покладено на створювану СК, можна сформулювати таким чином - дослідження замкнутих просторів та автономне переміщення по ним.

АМР - це робот здатний виконувати поставлене завдання в неструктурованих середовищах без постійного керування людиною-оператором (рис. 1). Повністю АМР повинен володіти наступними властивостями:

- отримання інформації про навколишнє середовище в реальному часі;
- робота протягом досить тривалого часу без втручання людини-оператора;
- містити в своїй конструкції блоки маніпуляторів, шасі та інших пристроїв для взаємодії із навколишнім середовищем [1-4].

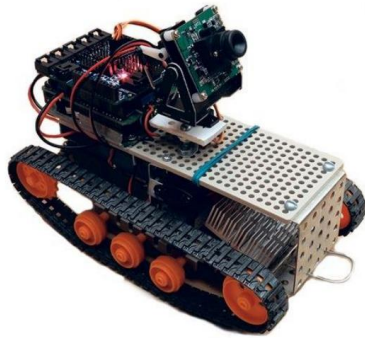


Рис. 1. Загальний вигляд АМР на прикладі гусеничного Bluetooth-роботу

Самі АМР в процесі експлуатації можуть набути або отримати нові можливості, наприклад нові алгоритми адаптації до швидко змінного навколишнього середовища або алгоритми досягнення поставлених завдань, за допомогою перепрограмування МС розташованих безпосередньо на платі керування. Самі АМР, як і раніше, потребують регулярного технічного обслуговування нарівні з іншими машинами та РС [1-4].

Згідно з поставленим завданням уся створювана система повинна бути достатньо автономною, тобто система повинна володіти функціями самодіагностики та самоконтролю, також у СК повинно бути програмно закладена функція прийняття рішень при виникненні позаштатних ситуацій. Бездротовий пристрій сполучення із зовнішнім PLC або комп'ютером дасть можливість перемикає СК в ручний режим при виникненні потреби.

Тому необхідно дослідити можливі приклади реалізацій СК РС, спроектувати подібну систему, підібрати необхідну елементну базу та розробити схеми сполучення мікропроцесорного блока із пристроями керування.

Аналіз останніх джерел

АМР є досить універсальні за конструкцією та виконанням і тому можуть бути застосовані в різних галузях. Стосовно використання РС в військових цілях і в надзвичайних ситуаціях пріоритетне значення мають технічні «властивості» АМР та придатність до експлуатації в жорстких та екстремальних умовах навколишнього середовища, а також можливість забезпечити захист людей-операторів. При використанні АМР в цивільних галузях промисловості найбільше значення надається їх економічній ефективності.

Конструктивно більшість універсальних АМР представляють собою малогабаритні самоходні засоби, оснащені розвідувальною апаратурою, набором змінного робочого обладнання та інструментів [5, 6]. Розраховані на дистанційне керування людиною-оператором, який веде спостереження безпосередньо або через телевізійні камери.

Зазвичай АМР виконуються на шасі або із алюмінієвих сплавів або із легованої сталі з колісною,

гусеничною або швидко змінною (з колісної на гусеничну і навпаки) ходовою частиною. На шасі може бути змонтовано, як правило, повно-поворотний маніпулятор, з можливістю монтажу змінного робочого інструменту або апаратури. В якості енергетичної установки найчастіше використання знайшли електричні акумулятори, їх ємкості зазвичай достатньо для роботи протягом декількох годин, проте можливе використання живлення від ДВЗ або, навіть, від зовнішнього джерела електроенергії. При використанні акумуляторів привід ходової частини АМР та робочого обладнання зазвичай електромеханічний, а при ДВЗ – гідравлічний. Дистанційне керування роботою АМР здійснюється по радіо (на відстані до 4000 м), по оптоволоконній лінії зв'язку (до 400 м), або по кабелю (до 100 м) [5, 6].

Метою роботи є: моделювання системи керування автономним мобільним роботом, для виконання необхідних аналітичних досліджень роботи системи керування в якості цифрового двійника.

Виклад основного матеріалу

АМР, СК якого створюється та пропонується, призначений для виконання роботи у місцях, де робота людини ускладнена або неможлива. Даний АМР може працювати автономно, згідно встановленої програми або керуватися вручну, через переносний пульт керування людиною-оператором.

Структура створюваного АМР буде наступною:

- АМР оснащено механізмом переміщення (колісне або гусеничне шасі, гребні гвинти тощо), реалізованому за допомогою використання двох біполярних крокових електродвигуна;

- для виконання встановленої програми АМР оснащений маніпулятором із мінімум 6-ма ступенями свободи та використовує для виконання програми біполярні крокові електродвигуни із вбудованою системою контролю руху (тобто системою, що буде виконувати реєстрацію переміщення маніпулятора);

- АМР оснащений сенсорними пристроями (давачами сигналів) (наприклад, три сонари або лазерні далекоміри) для визначення місцезнаходження перешкод справа, зліва та попереду. Розроблення СК буде виконуватись для сонарних давачів;

- АМР оснащений системою зв'язку із пультом дистанційного керування (ДК) для людини-оператора. Це може бути пристрій бездротового зв'язку типу Bluetooth, радіо-трансивер, ІЧ-порт, звуковий/ультразвуковий пристрій зв'язку (наприклад, для керування під водою) тощо, необхідний для керування і програмування АМР;

- вся система АМР буде отримувати необхідне живлення від використання акумуляторів із рівнем напруги в діапазоні 13-15 В, наприклад, будемо використовувати мініатюрні акумулятори фірми Intellect, які зазвичай використовуються при складанні радіокерованих моделей.

Оскільки СК для АМР повинна бути розроблена за модульною структурою, модернізація та зміна структури самого АМР носитиме блоковий характер, оскільки не доведеться змінювати всю СК в цілому, а лише окремі блоки [1-4, 7, 8].

Виходячи з визначення АМР, вказаного в постановці завдання, а також складу АМР, СК повинна обов'язково містити наступні блоки (рис. 2):

- блок керування (БК) ходовою частиною - необхідний для переміщення АМР у просторі;

- БК маніпулятором - необхідний для взаємодії АМР із навколишнім середовищем за допомогою використання маніпулятора;

- БК сонарами - необхідний для дослідження навколишнього середовища АМР;

- блок контролю за станом автономного живлення - необхідний для здійснення контролю АМР за споживаним струмом;

- блок ISP (in-system programmability) для виконання перепрограмування мікроконтролерів основного блоку, а також інших блоків, виходячи із реальних ситуацій та навколишнього середовища.

Зв'язок даних блоків виконуватиметься за допомогою використання основного мікропроцесорного блоку, який буде обробляти отриману інформацію та передаватиме необхідні сигнали на органи керування, для приведення в рух сервомоторів ходової частини чи маніпулятора.

Для програмування, налаштування та керування, на нашу думку, найдоцільніше використовувати бездротовий інтерфейс (наприклад, ІЧ-порт) на ДК, а для програмування - USB-порт.

Як було описано вище - основний процесорний модуль є ядром системи, що керує роботою всіх інших модулів-блоків [9-13].

Кожен з модулів-блоків може містити в конструкції мікроконтролер (МК). Робота блоків повинна бути максимально автономною до моменту передачі або зчитування даних із кожного блоку. Але якщо основний МК безпосередньо керує якимось із встановлених блоків, то наявність у ньому МК не є необхідною. Наприклад, у блоках, де досить важливою є швидкість реакції, краще використовувати керування безпосередньо із основного блоку (наприклад, блок керування шасі, блок ISP), а де швидкість передачі отриманої інформації не така важлива, можливо застосовувати дешеву МК, яка керуватиме кожним окремим блоком та формуватиме біти та байти інформації для основного блоку, що суттєво знижує навантаження на основний ЦПУ та збільшує загальну швидкодію системи.

Основний процесорний модуль так само має можливість керування живленням всіх інших модулів, таким чином, споживану енергію від джерела живлення (наприклад, акумуляторної батареї) можна знизити шляхом вимкнення блоків, робота яких не потрібна в цей момент.

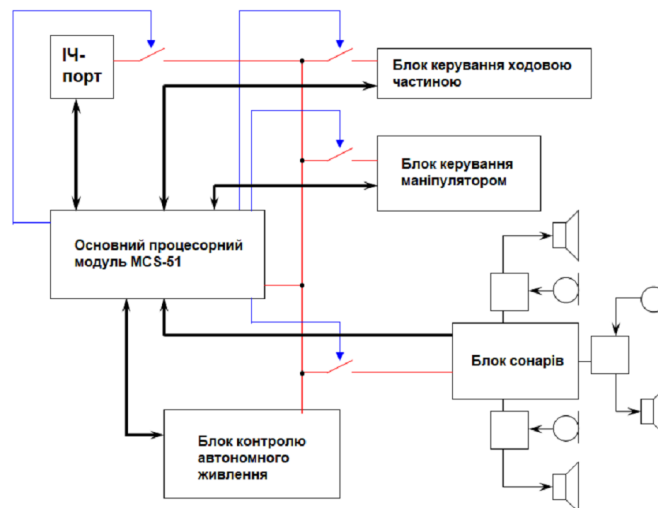


Рис. 2. Структурна схема СК для АМР

Наприклад, під час роботи лише маніпулятора, можна повністю знеструмити блок керування шасі або блок керування сенсорами.

Структурну схему СК для АМР представлено на рисунку 2. Тут зображено всі модулі системи та зв'язки між ними: тонкі чорні лінії зображують лінії передачі даних, товсті чорні лінії зображують шини для передачі даних, тонкі червоні лінії – лінії передачі живлення, тонкі сині лінії - лінії керування подачею живлення до окремих модулів [9-13].

Висновки

Розроблено та описано структуру керування автономним мобільним роботом, СК для АМР повинна мати модульну структуру, модернізація та зміна структури самого АМР тоді носитиме блоковий характер, оскільки не доведеться змінювати систему в цілому, а лише окремі блоки.

Література

1. Проектування промислових роботів та маніпуляторів: Навчальний посібник / Ковальов Ю.А., Кошель С.О., Манойленко О.П.. - К.: ЦУЛ, 2021. - 256 с. - (МОН України. КНУ технологій та дизайну). - ISBN 978-611-01-1690-9
2. Синтез робототехнічних систем в машинобудуванні: Підручник / Л. С. Пелевін, К. І. Почка, О. М. Гаркавенко, Д. О. Міщук, І. В. Русан. – К.:ТОВ «НВП «Інтерсервіс»», 2016. – 258 с.
3. Робототехнічні системи: проектування і моделювання [Електронний ресурс]: навч. Посіб. для студ. спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології» / М. М. Поліщук, М.М. Ткач; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл: 41,6 Мбайт). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. - 112 с.
4. І.І. Павленко Роботизовані технологічні комплекси: Навчальний посібник / Павленко І.І., Мажара В.А. – Кіровоград: КНТУ, 2010. – 392 с.
5. Введення в мехатроніку: навчальний посібник / А.І. Грабченко, В.Б. Клепиков, В.Л. Доброскок та ін. - Х.: НТУ "ХПІ", 2014. - 264 с. ISBN 978-966-303-527-7
6. Лекція №7. Дослідження конструкцій промислових та мобільних роботів. Модель мобільної системи Zumo Robot. [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://msn.khmn.edu.ua/course/view.php?id=7609>
7. Мехатроніка. Навчальний посібник / Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Човнюк Ю.В. – К., 2012. - 357с.
8. Основи мехатроніки [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. М. Пересада, М. В. Пушкар. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,87 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 137 с.
9. Мікропроцесорна техніка. Однокристалні мікроконтролери: навч. посібник / С.Р.Михайлов. - К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2014. - 123 с.
10. Схемотехніка електронних систем: у 3 кн. Кн. 3. Мікропроцесори та мікроконтролери: підручник [для студ. вищ. навч. закл.] / [В.І. Бойко, А.М. Гуржій, В.Я. Жуйков та ін.] – [2-ге вид.]. - К.: Вища шк., 2004. - 399 с.
11. Мікроконтролери: Архітектура, програмування та застосування в електромеханіці : навч. посіб. / Ю. С. Гришук. – Харків : НТУ «ХПІ», 2019. – 384 с.
12. Алексієв О. П. Мікроконтролери для транспортних і промислових застосувань.: архітектура та програмування : навч. посіб. / О. П. Алексієв, О. Б. Богаєвський, В. П. Волков. – Харків : ХНАДУ, 2004. – 156 с.
13. Мікропроцесорна техніка : підручник / Ю. І. Якименко, Т. О. Терещенко, Є. І. Сокол та ін. / за ред. Т. О. Терещенко. – Київ : Політехнік, 2003. – 440 с.

References

1. Proektuvannia promyslovykh robotiv ta manipulatoriv: Navchalnyi posibnyk / Kovalov Yu.A., Koshel S.O., Manoilenko O.P.. — K.: TsUL, 2021. — 256 s.. — (MON Ukrainy. KNU tekhnolohii ta dizainu). — ISBN 978-611-01-1690-9.
2. Syntez robototekhnichnykh sytem v mashynobuduvanni: Pidruchnyk / L. Ye. Pelevin, K. I. Pochka, O. M. Harkavenko, D. O. Mishchuk, I. V. Rusan. – K.:TOV «NVP «Interservis»», 2016. – 258 s.
3. Robototekhnichni systemy: proektuvannia i modeliuвання [Elektronnyi resurs]: navch. Posib. dlia stud. spetsialnosti 126 «Informatsiini systemy ta tekhnolohii» / M. M. Polishchuk, M.M. Tkach; KPI im. Ihoria Sikorskoho. Elektronni tekstovi dani (1 fail: 41,6 Mbait). Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho, 2021. - 112 s.
4. I.I. Pavlenko Robotyzovani tekhnolohichni komplekxy: Navchalnyi posibnyk / Pavlenko I.I., Mazhara V.A. – Kirovohrad: KNTU, 2010. – 392 s.
5. Vvedennia v mekhatroniku: navchalnyi posibnyk / A.I. Hrabchenko, V.B. Klepikov, V.L. Dobroskok ta in. - Kh.: NTU "KhPI", 2014. - 264 s. ISBN 978-966-303-527-7
6. Lektsiia №7. Doslidzhennia konstruktzii promyslovykh ta mobilnykh robotiv. Model mobilnoi systemy Zumo Robot. [Elektronnyi resurs] – Rezhym dostupu:
<https://msn.khmn.edu.ua/course/view.php?id=7609>

7. Mekhatronika. Navchalnyi posibnyk / Loveikin V.S., Romasevych Yu.O., Chovniuk Yu.V. – K., 2012. - 357 s.
8. Osnovy mekhatroniky [Elektronnyi resurs]: navchalnyi posibnyk dlia studentiv spetsialnosti 141 «Elektroenerhetyka, elektrotehnika ta elektromekhanika» / KPI im. Ihoria Sikorskoho ; uklad.: S. M. Peresada, M. V. Pushkar. – Elektronni tekstovi dani (1 fail: 1,87 Mbait). – Kyiv : KPI im. Ihoria Sikorskoho, 2020. – 137 s.
9. Mikroprotsesorna tekhnika. Odnokystalni mikrokontrolery: navch. posibnyk / S.R.Mykhailov. - K.: KPI im. Ihoria Sikorskoho, 2014. - 123 s.
10. Skhemotekhnika elektronnykh system: u 3 kn. Kn. 3. Mikroprotsesory ta mikrokontrolery: pidruchnyk [dlia stud. vyshch. navch. zakl.] / [V.I. Boiko, A.M. Hurzhii, V.Ia. Zhuikov ta in.] – [2-he vyd.]. - K.: Vyshcha shk., 2004. - 399 s.
11. Mikrokontrolery: Arkhitektura, prohramuvannia ta zastosuvannia v elektromekhanitsi : navch. posib. / Yu. S. Hryshchuk. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2019. – 384 s.
12. Aleksiiiev O. P. Mikrokontrolery dlia transportnykh i promyslovykh zastosuvan.: arkhitektura ta prohramuvannia : navch. posib. / O. P. Aleksiiiev, O. B. Bohaievskiyi, V. P. Volkov. – Kharkiv : KhNADU, 2004. – 156 s.
13. Mikroprotsesorna tekhnika : pidruchnyk / Yu. I. Yakymenko, T. O. Tereshchenko, Ye. I. Sokol ta in. / za red. T. O. Tereshchenko. – Kyiv : Politekhnik, 2003. – 440 s.

Надійшла / Paper received : заповнюється редакцією

Надрукована/Printed : заповнюється редакцією

Додаток Б
Презентаційні слайди

Метод керування автономним мобільним роботом

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

АКТУАЛЬНІСТЬ

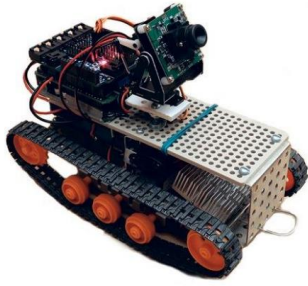
Існує кілька різновидів РС, і один з яких - це автономні мобільні роботи (АМР). Даний тип призначений для роботи в умовах, які не дають можливості використовувати РС передачу інформації чи живлення за допомогою радіоканалів або стаціонарних кабельних ліній. Такі моделі знайшли своє застосування в місцях, важкодоступних для людини та ізольованих від доступу радіохвиль або з відсутністю можливості прокладання кабелю живлення чи шини даних від РС до стаціонарної СК.

Темою даної кваліфікаційної роботи магістра є розробка СК для АМР, що базується на адаптивному керування з можливістю контролю та керування людиною-оператором.

Метою роботи є моделювання системи керування автономним мобільним роботом, для виконання необхідних аналітичних досліджень роботи системи керування в якості цифрового двійника.

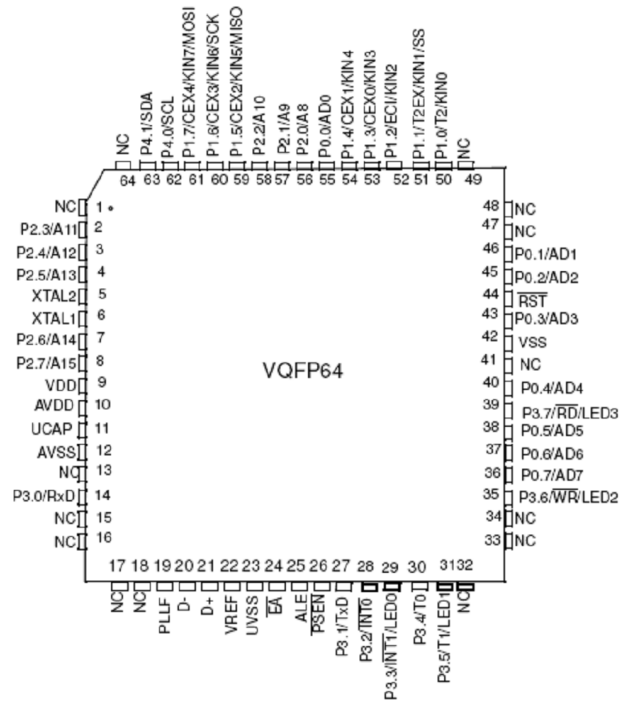
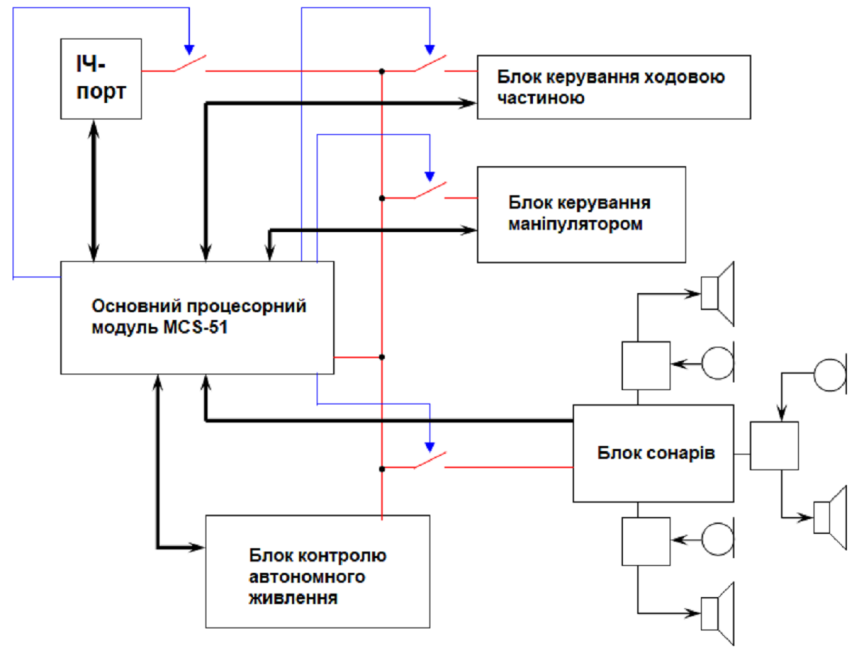
Об'єктом дослідження є процеси в системі автоматизованого керування автономним мобільним роботом.

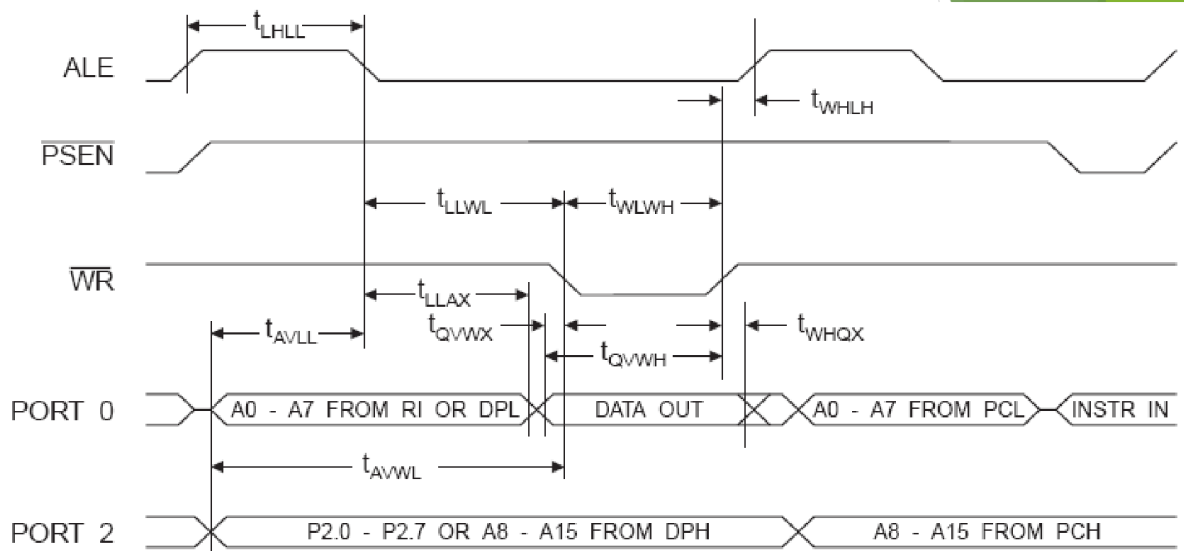
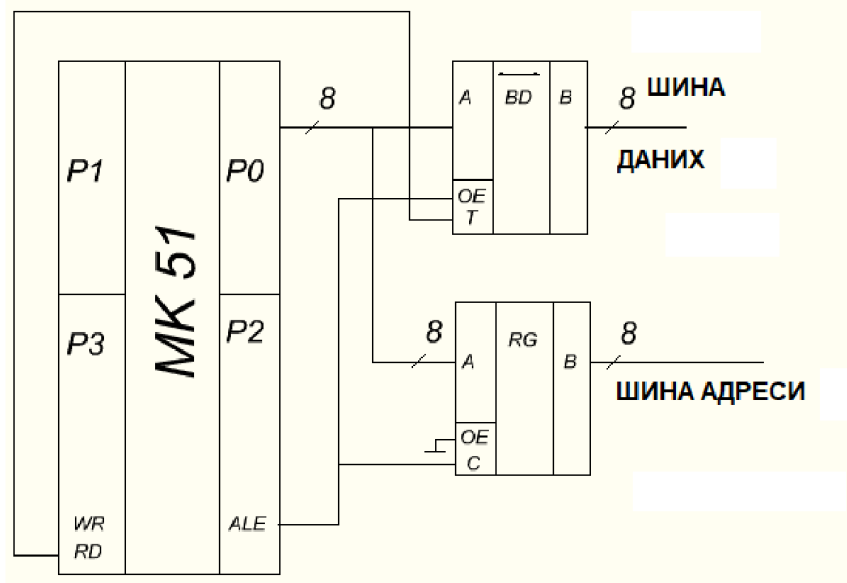
Предметом дослідження є алгоритми та методи керування автономним мобільним роботом на основі мікроконтролерів.

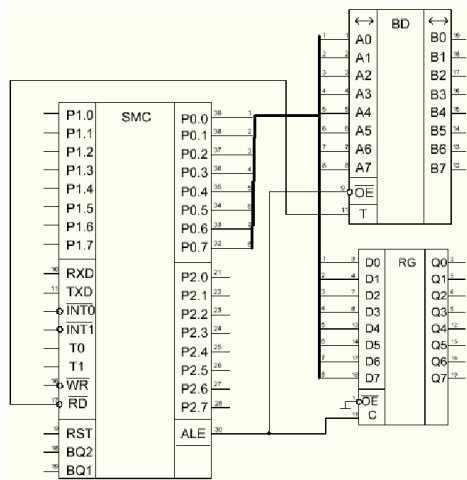
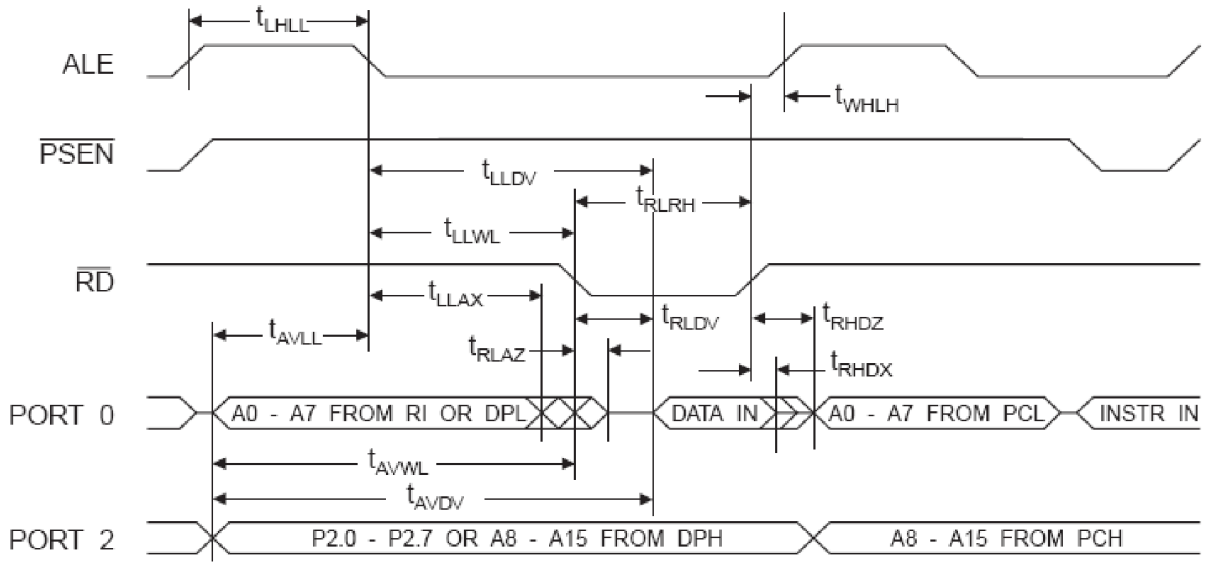


ЗАВДАННЯ

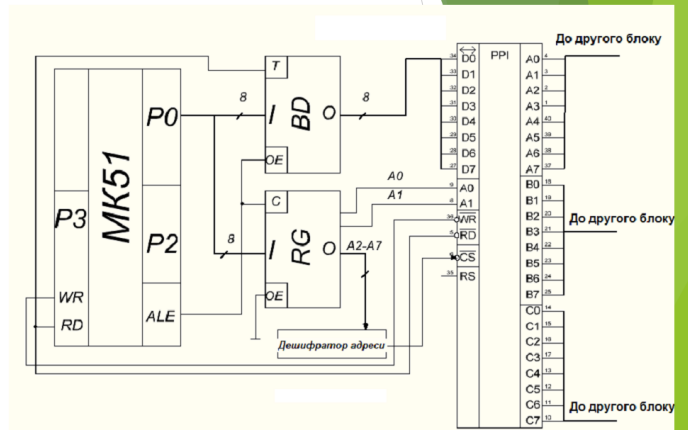
- розглянути СК автономним мобільним роботом розроблену на основі мікроконтролерів;
- здійснити підбір та розрахунок необхідних мікроконтролерів та мікросхем;
- виконати моделювання СК автономним мобільним роботом та дослідити характеристики;
- розробити алгоритми керування блоками автономного мобільного робота.



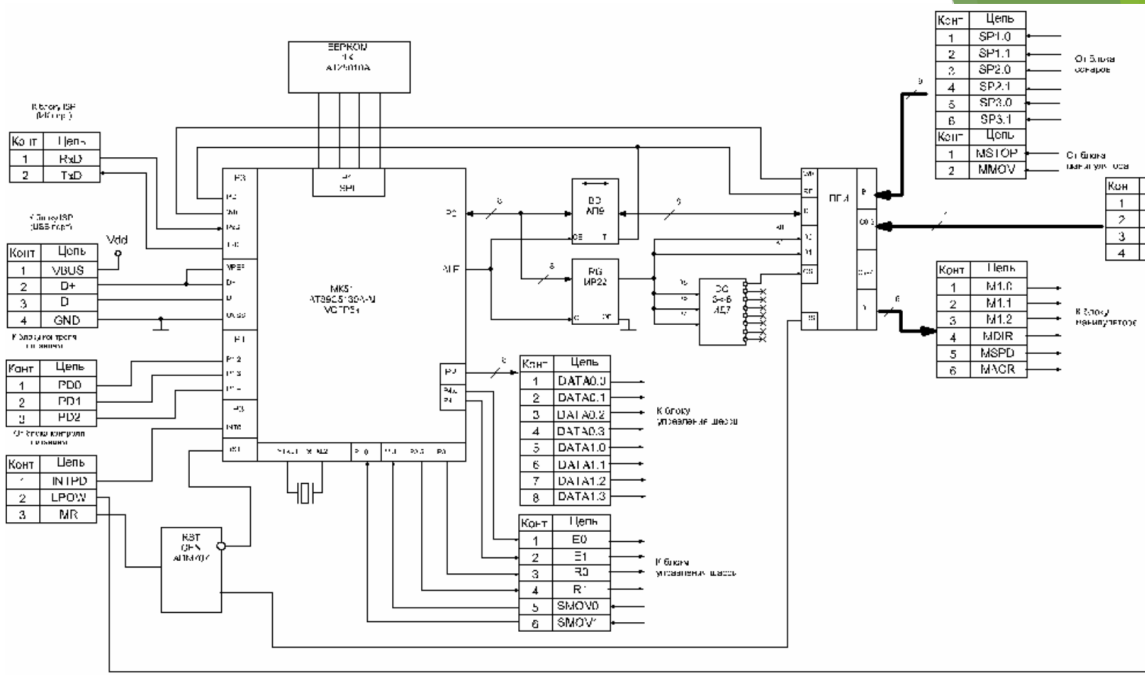
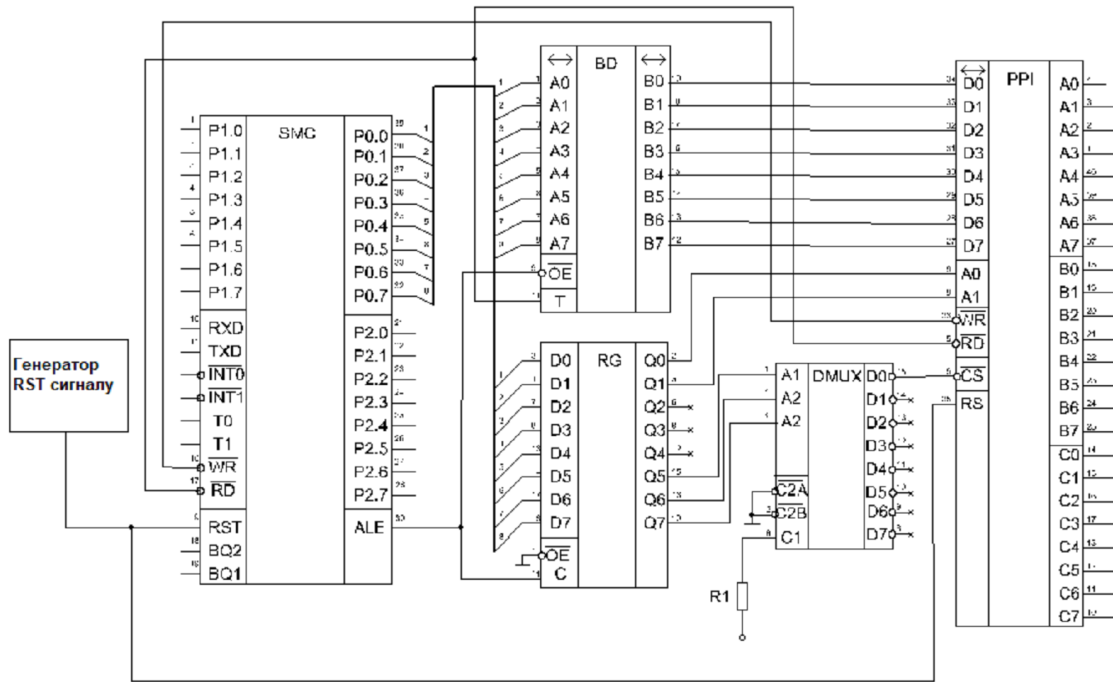


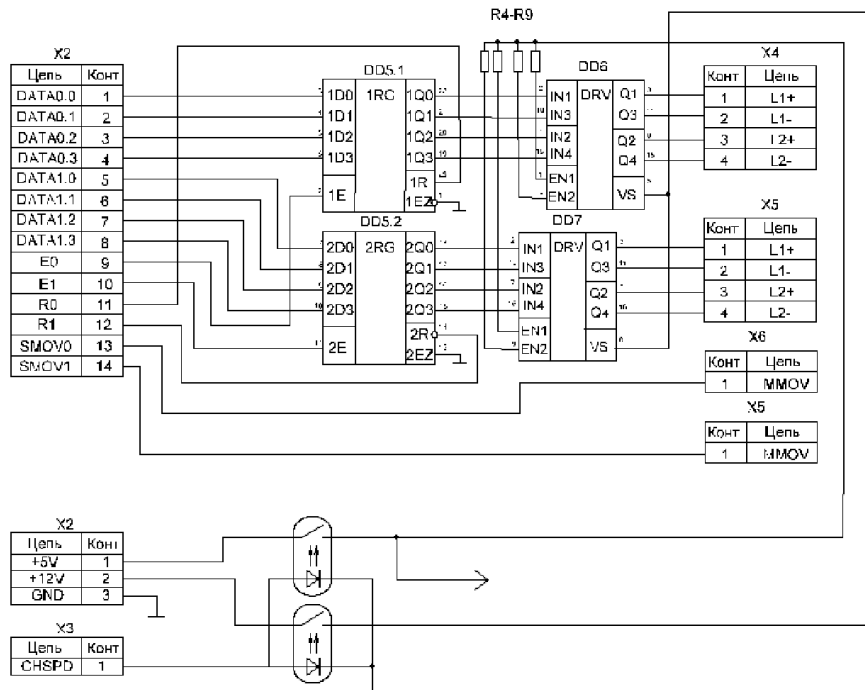
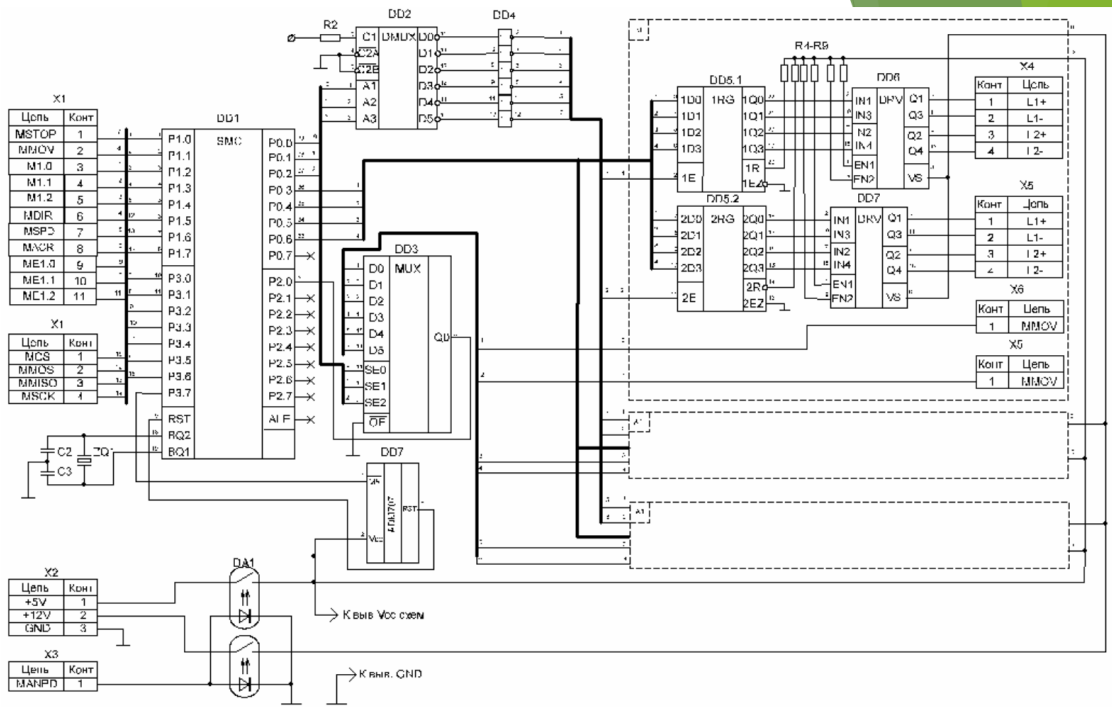


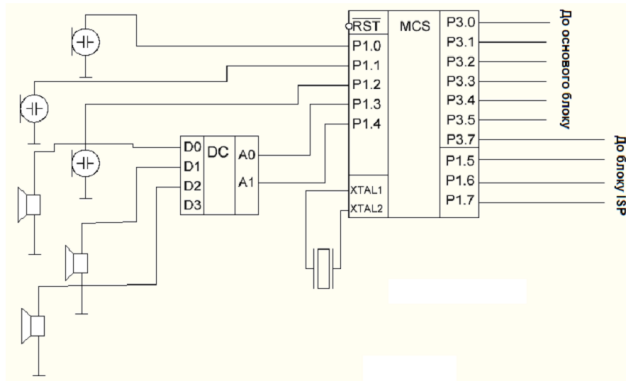
Електрична принципова схема підключення шинного формувача та буферного регістра до МК-51



Функціональна схема підключення BIC KP580BB55

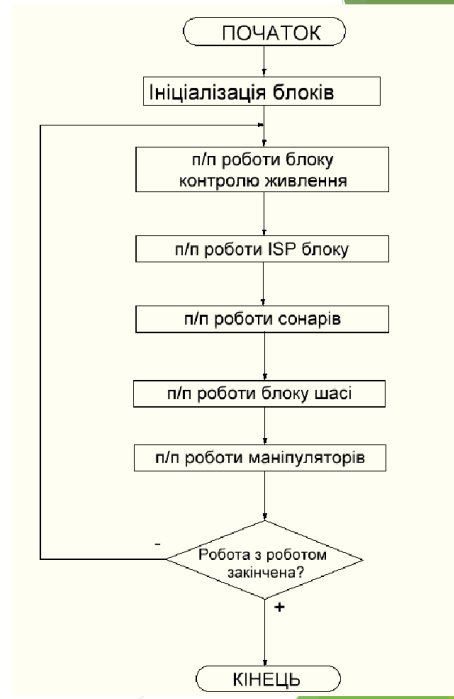
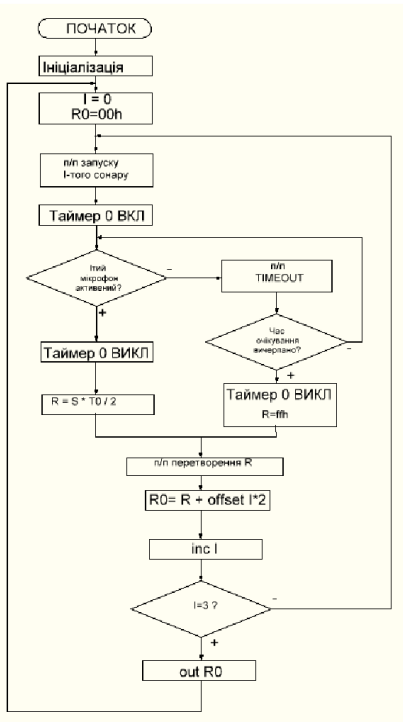
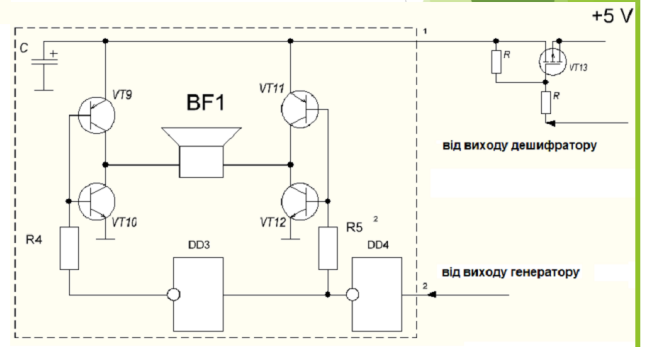






Електрична принципова схема керування випромінювачем

Структурна схема підключення сонарів до МК БК сонарами



Додаток В

Таблиця В.1 - Призначення виводів ВІС типу КР580ВВ55

Сигнал	Призначення
D0 - D7	Двонаправлена шина, по якій відбувається обмін між реєстрами ВІС та зовнішньою шиною даних. Підключається до шини даних.
WR	Запис в реєстри. Підключається до сигналу MEMW шини керування.
RD	Зчитування реєстрів. Підключається до сигналу MEMR шини керування.
CS	Вибір ВІС
RESET	Скидання. По ньому в реєстрі керуючого слова встановлюється слово, при якому всі канали працюють в режимі логічний 0. підключається до сигналу INIT шини керування.
A0 - A1	Адресація реєстрів ВІС. Підключення до молодших розрядів шини адреси.
BA0 – BA7	Вивід каналу А.
BB0 – BB7	Вивід каналу В.
BC0 – BC7	Вивід каналу С.

Таблиця В.2 - Призначення виводів мікросхеми К1533АП9

Номер виводу	Позначення	Призначення
1-8	АО-А7	Шина А(вхід/вихід)
9	OE	Розрішення виходу
10	GND	Загальний
11	T	Напрямок передачі
19-12	BO- B7	Шина В (вхід/вихід)
20	Ucc	+5 В

Таблиця В.3 – Таблиця істинності мікросхеми К1533АП9

OE	T	Операція
H	X	Третій стан
L	H	A -> B
L	L	B -> A

Таблиця В.4 – Розподіл зовнішнього адресного простору вводу/виводу

	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	Адреса
0	0	0	0	X	X	X	X	X	00h 1Fh
1	0	0	1	X	X	X	X	X	20h 3Fh
2	0	1	0	X	X	X	X	X	40h 5Fh
3	0	1	1	X	X	X	X	X	60h 7Fh
4	1	0	0	X	X	X	X	X	80h 9Fh
5	1	0	1	X	X	X	X	X	A0h BFh
6	1	1	0	X	X	X	X	X	C0h DFh
7	1	1	1	X	X	X	X	X	E0h FFh

Таблиця В.5 – Таблиця істинності ІДД L293D

ENABLE1	INPUT1	INPUT2	OUTPUT1	OUTPUT2
1	0	0	0	0
1	1	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	1	1	1

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
РОБОТОТЕХНІКИ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

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

Назва: Метод керування автономним мобільним роботом
Автор: Грозмані Ярослав Олегович
Спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Науковий керівник: Радельчук Галина Іванівна, кандидат технічних наук, доцент
Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

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

Підтвердження:

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

1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;

2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;

3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

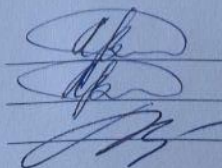
Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 4,04% і адресується до 138 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Дата 21.12.2023

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи



Валерій МАРТИНЮК

Валерій МАРТИНЮК

Галина РАДЕЛЬЧУК

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Грозмані Ярослав Олегович

Тема: Метод керування автономним мобільним роботом

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень _____ Кількість сторінок записки _____ 87 _____

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: створено систему керування автономним мобільним роботом

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі виконано аналітичний огляд та аналіз існуючих технічних рішень з проектування автономного мобільного робота, описано основні принципи та специфіку. Розглянуто існуючу класифікацію систем керування. Виконано постановку завдань для автоматизації системи керування автономним мобільним роботом. У другому розділі виконано розроблення та опис структури керування автономним мобільним роботом, яка повинна мати модульну структуру, модернізація та зміна структури самого АМР тоді носитиме блоковий характер, оскільки не доведеться змінювати систему в цілому, а лише окремі блоки. Також виконано підбір необхідних мікроконтролерів для керування автономним мобільним роботом. У третьому розділі виконано розроблення методу керування автономним мобільним роботом, а саме розроблення основного мікропроцесорного блоку керування, підбір компонентів, складання електричної схеми, розроблення блоку керування встановленим маніпулятором із складанням електричної схеми, розроблення блоку керування ходовою частиною, блоку керування сонарами, блоку контролю стану живлення та ISP блоку для АМР. У четвертому розділі виконано аналітичні дослідження блоків керування АМР, а саме основного мікропроцесорного блоку керування із складанням блок-схеми алгоритму роботи, блоку керування встановленим маніпулятором із складанням блок-схеми алгоритму роботи, блоку керування ходовою частиною із складанням блок-схеми алгоритму роботи, блоку керування сонарами із складанням блок-схеми алгоритму роботи, блоку контролю стану живлення та ISP блоку для АМР із складанням блок-схеми алгоритму роботи. Виконано розроблення необхідного програмного забезпечення АМР.

4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: у роботі недостатньо уваги приділяється програмній реалізації

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: добре (4,50/В)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) _____

Павло Сергійович Майдан, кандидат технічних наук, доцент, кафедра Машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем, Хмельницький національний університет

“ 15 ” 12 2023 р.

Майдан (підпис)

Завідувачу кафедри АКІТтаР
д-ру техн.наук, проф. Мартинюку В.В.

Грозмані Я.О.

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 2 курс, групи АКІТм-22-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

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

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

02.12.2023

дата



підпис

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 1.0%

Словнички перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. Помилки в документах: 9%

ID: 122175 Назва: Метод керування автономним мобільним роботом Додано в БД: 2023-12-08 Автора: Ярослав ГРОЗМАНІ Керівники: Галина РАДЕЛЬЧУК Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	86491	1271	2288 (3%)	33 (3%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

Ім'я користувача:
Кафедра АКІПТК

Дата перевірки:
08.12.2023 12:54:30 EET

Дата звіту:
08.12.2023 13:21:56 EET

ID перевірки:
1015983891

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

ID користувача:
100005862

Назва документа: Грозмані_антиплаг (1)

Кількість сторінок: 89 Кількість слів: 15051 Кількість символів: 108252 Розмір файлу: 1.54 MB ID файлу: 1015664561

1939 слів позначені як "вилучені" та не враховуються у підрахунку слів

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

4.04%
Схожість

Найбільша схожість: 1.39% з Інтернет-джерелом (<https://skaz.com.ua/informatika/16116/index.html?page=4>)

3.1% Джерела з Інтернету	138	Сторінка 91
1.4% Джерела з Бібліотеки	28	Сторінка 92

0% Цитат

Вилучення цитат виключено

Не знайдено жодних посилань

0%
Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 8 слів та 0%)

0% Вилучення з Інтернету	13	Сторінка 93
--------------------------	----	-------------

Немає вилучених бібліотечних джерел

Модифікації

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

Замінені символи	25
Підозріле форматування	15 сторінок