

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет

Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Юрій КИРИЧУК

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи
та технології в приладобудуванні»**

**спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології»**

на тему: «Координатний пристрій з додатковими функціями»

Виконав:

студент IV курсу, групи ПМ-01
Михальчук Андрій Анатолійович

Керівник:

доцент, кандидат технічних наук, доцент
Нечай Сергій Олексійович

Рецензент:

доцент, кандидат наук, доцент,
Самарцев Юрій Миколайович

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2024 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДПБ ПМ01.12.000 ПЗ	Пояснювальна записка	73	
3	A1	ДПБ ПМ01.12.000 Е1	Схема принципу побудови пристрою миші-маніпулятора	1	
4	A1	ДПБ ПМ01.12.000.00	Концепт миші-маніпулятора	1	
5	A1	ДПБ ПМ01.12.000 Е3	Миша-маніпулятор для ПК. Схема електрична принципова	1	
6	A1	ДПБ ПМ01.12.000.Е1	Схема підключення елементів у системі	1	
7	A1	ДПБ ПМ01.12.000.00	Блок-схема алгоритму роботи програми миші-маніпулятора	1	

				<i>ДПБ ПМ01.12.000</i>	
	ПБ	Підп.	Дата		
Розробн.	Михальчук А.А.			Відомість дипломного проєкту	Лист
Керівн.	Нечай О.С.				1
Консульт.					Листів
Н/контр.					1
Зав.каф.	Киричук Ю.В.				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф.АСНК Гр. ПМ-01

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Координатний пристрій з додатковими
функціями»

Київ – 2024 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Приладобудівний факультет
Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

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

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Юрій КИРИЧУК

« 11 » червня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Михальчуку Андрію Анатолійовичу

1. Тема проєкту «Координатний пристрій з додатковими функціями», керівник проєкту Нечай Сергій Олексійович, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом по університету від « 28 » травня 2024 р. № 2121-с

2. Термін подання студентом проєкту: «7» червня 2024

3. Вихідні дані до проєкту: Пристрій має фізичний провідний інтерфейс USB; живлення забезпечується через порт USB (USB 3.0); габаритні розміри пристрою не більше ніж 100x150x50 мм; вага до 300 гр.; підтримує наступні функціональні можливості: визначення позиції на площині з використанням оптичного сенсора; роздільна здатність сенсора до 2000 DPI; наявність 7 клавіш для введення інформації; наявність 2 енкодерів; функція просторової взаємодії; індикація/підсвітка.

4. Зміст пояснювальної записки: Вступ; Розділ 1. Загальні аспекти та питання розробки. Розділ 2 - Розробка та опис базової структури пристрою-маніпулятора; Розділ 3 - Розробка та опис електричної принципової схеми

пристрою-маніпулятора. Розрахунок потужності; Розділ 4 - Розробка апаратного програмного забезпечення системи маніпулятора; Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): Схема принципу побудови пристрою миші-маніпулятора - ф. А1; Концепт миші-маніпулятора - ф. А1; Миша-маніпулятора для ПК. Схема електрична принципова - ф. А1; Схема підключення елементів у системі - ф. А1; Блок-схема алгоритму роботи програми миші-маніпулятора - ф А1

6. Дата видачі завдання «6» березня 2024

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Отримання завдання на виконання	6.04.24	
2	Аналіз джерел та літератури. Розгляд аналогів. Розгляд ключових технічних особливостей системи	11.04.24	
3	Розгляд аспектів розробки апаратного програмного забезпечення. Опис вимог до розробки	15.04.24	
4	Розробка схеми принципу побудови пристрою. Опис схеми	21.04.24	
5	Створення концепту пристрою миші-маніпулятора. Створення 3Д моделі концепту	27.04.24	
6	Опис вимог до функціональних блоків та системи. Розгляд питання забезпечення модульності	6.05.24	
7	Розробка електричної принципової схеми пристрою маніпулятора	14.05.24	
8	Створення схеми об'єднання модулів у цілісну систему	14.05.24	
9	Опис кожного наявного модуля системи. Розрахунок загальної потужності пристрою	17.05.24	
10	Розгляд загальних аспектів розробки програми. Постановка технічного завдання та етапів розробки	24.05.24	
11	Розробка блок-схеми алгоритму роботи програми. Опис послідовності виконання алгоритму	30.05.24	

Студент

Андрій МИХАЛЬЧУК

Керівник

Сергій НЕЧАЙ

РЕФЕРАТ

Дипломний проєкт складається з вступу, чотирьох основних розділів, висновків та списку використаних джерел і літератури. Проєкт містить 70 сторінок основного тексту, 23 ілюстрації, 1 таблицю та 18 посилань.

Мета і задачі дипломного проєкту. Мета робота полягає у розгляді ключових аспектів розробки миші-маніпулятора, а також визначенні ключових та додаткових технічних складових, які впливають на функціональність та ефективність такого роду пристроїв керування.

Основні задачі дипломного проєкту бакалавра включають:

- вступ (короткий виклад особливостей галузі та практична цінність запропонованого пристрою);
- розгляд загальних аспектів питання розробки, що включає розгляд таких питань як: автоматизація процесів керування та використання у ньому спеціалізованих пристроїв-маніпуляторів; аналіз існуючих пристроїв та систем; розгляд ключових технічних складових системи; розгляд загальних аспектів програмного забезпечення пристрою; опис системи забезпечення взаємодії між пристроєм та комп'ютером;
- розробка та опис базової структуру пристрою-маніпулятора;
- розробка принципової схеми будови пристрою та концепту. Опис вимог до функціональних блоків та модульності;
- розробка та опис електричної принципової схеми пристрою-маніпулятор. Проведення розрахунку загальної потужності пристрою;
- розгляд питання розробки апаратного програмного забезпечення;
- розробка та опис блок-схеми алгоритму апаратного програмного забезпечення;
- висновки.

Ключові слова: автоматизація, автоматизована система, маніпулятор, комп'ютерна миша-маніпулятор, керування процесами

ABSTRACT

The diploma project consists of an introduction, four main sections, conclusions, and a list of references and literature. The project includes 70 pages of main text, 23 illustrations, 1 table, and 18 references.

The aim and objectives of the diploma project. The aim of the work is to consider the key aspects of developing a mouse-manipulator, as well as to identify the main and additional technical components that affect the functionality and efficiency of such control devices.

The main tasks of the bachelor's diploma project include:

- Introduction (a brief outline of the industry's features and the practical value of the proposed device);
- Consideration of general aspects of development, which includes topics such as: automation of control processes and the use of specialized manipulator devices; analysis of existing devices and systems; review of key technical components of the system; examination of general aspects of the device's software; description of the system ensuring interaction between the device and the computer;
- Development and description of the basic structure of the manipulator device;
- Development of the conceptual design and structure of the device. Description of the requirements for functional blocks and modularity;
- Development and description of the electrical schematic of the manipulator device. Calculation of the total power of the device;
- Consideration of the development of hardware software;
- Development and description of the flowchart of the hardware software algorithm;
- Conclusions.

Keywords: automation, automated system, manipulator, computer mouse-manipulator, process control.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ.....	10
ВСТУП.....	11
1 ЗАГАЛЬНІ АСПЕКТИ ТА ПИТАННЯ РОЗРОБКИ.....	12
1.1. Автоматизація процесів керування. Сутність та використання пристроїв-маніпуляторів.....	12
1.2. Аналіз існуючих пристроїв та систем.....	15
1.3. Ключові технічні складові системи пристрою.....	19
1.4. Загальні аспекти програмного забезпечення пристрою.....	21
1.5. Забезпечення взаємодії між пристроєм та комп'ютером.....	23
1.6. Визначення мети та актуальності теми.....	24
1.7. Висновки до розділу 1.....	26
2 РОЗРОБКА ТА ОПИС БАЗОВОЇ СТРУКТУРИ ПРИСТРОЮ-МАНІПУЛЯТОРА.....	27
2.1. Розробка схеми принципу побудови пристрою.....	27
2.2. Вимоги до функціональних блоків та системи.....	31
2.3. Забезпечення модульності системи.....	32
2.4. Висновки до розділу 2.....	34
3 РОЗРОБКА ТА ОПИС ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ-МАНІПУЛЯТОРА. РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ.....	35
3.1. Базовий опис електричної принципової схеми.....	35
3.2. Опис модулів кнопок маніпулятора.....	37
3.3. Опис модуля світлодіодної індикації.....	38
3.4. Опис модулів енкодера маніпулятора.....	42
3.5. Опис модуля оптичного сенсора.....	44

					ДПБ ПМ01.12.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Координатний пристрій з додатковими функціями. Пояснювальна записка.	Літера	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Михальчук А.А.						8	73
Перевірів	Нечай С.О.					ПБФ, «КПІ ім. І. Сікорського»		
Н. контр.								
Затв.								

3.6. Опис модуля акселерометра-гіроскопа MPU6050.....	46
3.7. Опис модуля ядра пристрою.....	48
3.8. Розрахунок загальної потужності модулів.....	53
3.9. Висновки до розділу 3.....	57
4 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ МАНІПУЛЯТОРА.....	58
4.1. Базові аспекти розробки програмного забезпечення.....	58
4.2. Постановка технічного завдання до розробки апаратного програмного забезпечення системи маніпулятора.....	60
4.3. Побудова та аналіз блок-схеми алгоритму роботи програми.....	62
4.4. Висновки до розділу 4.....	70
ВИСНОВКИ.....	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ.....	72
ДОДАТКИ	

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

CAD - Computer-aided design. Система автоматизованого проектування і розрахунку;

CAE - Computer-aided engineering. Представляє собою загальний комплекс програм або програмних пакетів, які призначені для виконання інженерних розрахунків, аналізу фізичних процесів тощо;

DPI - Dots per inch (Крапок на дюйм). Показник роздільної здатності;

ПЗ - програмне забезпечення;

ПК - персональний комп'ютер;

ОК - об'єкт керування;

МК - мікроконтролер;

АЛП - арифметико логічний пристрій;

АЦП - аналого цифровий перетворювач;

САПР - система автоматизованого проектування;

ПП - програмний продукт.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

ВСТУП

Актуальність автоматизації на даному етапі розвитку важко переоцінити, так як вона стала ключовим фактором для підвищення конкурентоспроможності, забезпечення ефективності виробничих процесів, покращення якості послуг тощо.

Швидкість та продуктивність є ключовими аспектами, які актуальні у великій кількості сфер діяльності. У сучасному світі великого поширення набувають різного роду та призначення пристрої, які призначені для виконання дій керування, і в залежності від цільового призначення можуть мати різний набір функціональних можливостей.

Такі пристрої часто використовуються у сфері графічного дизайну та в 3Д-моделюванні, де важливим фактором є швидкість та точність рухів, а також швидкий доступ до функціоналу.

Також вони актуальні у сфері інженерії та архітектури, де використовуються спеціалізовані програми та системи CAD/CAE для проєктування, аналізів чи симуляцій фізичних процесів, де також існує потреба у ефективному та швидкому керуванні.

У цьому контексті створення спеціальних багатофункціональних пристроїв, зокрема маніпуляторів, має перспективу для забезпечення ефективного та швидкого управління. Їхні розширені функціональні можливості дозволяють забезпечити відповідність конкретним потребам та вимогам робочого процесу, що також робить такі маніпулятори незамінними інструментами у професійній та творчій діяльності.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1 ЗАГАЛЬНІ АСПЕКТИ ТА ПИТАННЯ РОЗРОБКИ

1.1. Автоматизація процесів керування. Сутність та використання пристроїв-маніпуляторів

Автоматизація представляє собою впровадження апаратних систем, програмних засобів та технологій, які у загальній сукупності дозволяють вдосконалити певні аспекти робочого процесу і полегшує роботу людини у виконанні задач та роботи з об'єктом керування (ОК). Основною метою автоматизації є підвищення продуктивності, ефективності та точності виконання процесів, а також у деяких сферах зниження витрат та ризиків, а також покращення якості виконаної роботи.

Під об'єктом керування розуміють ту частину навколишнього середовища, на яку людина може цілеспрямовано впливати (тобто керувати нею), змінюючи її стан, і тим самим забезпечувати задоволення визначених своїх потреб. До об'єктів керування відносяться різні технічні пристрої, виробничі процеси, які характеризуються деякою сукупністю властивостей, що відповідають цілям їхнього використання, а також процесами, що у них відбуваються, котрі забезпечують досягнення зазначених цілей [1, 15-18].

Автоматизація може включати у собі такі загальні складові:

1) використання технічних засобів - цей аспект передбачає створення спеціальних технічних засобів, приладів, систем, які будуть містити у собі перелік елементів, обчислювальну систему, датчики що дозволять технічно реалізувати задачу автоматизації;

2) програмна реалізація - кожна автоматизована система повинна містити програмну реалізацію різного рівня: апаратного в контексті роботи пристрою чи системи; драйвери якщо система працює у поєднанні з ПК; спеціальні програми керування з інтерфейсом користувача тощо.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Автоматизація може бути застосована та адаптована у різних галузях за різним призначенням.

Розробка та впровадження в широке використання спеціальних багатофункціональних пристроїв-маніпуляторів, зокрема миші, дозволяє значно покращити та пришвидшити процес роботи у різних напрямках та сферах діяльності, починаючи від роботи з графічними редакторами і закінчуючи спеціальними системами проектування або 3Д моделювання.

Графічні редактори, такі як Adobe Photoshop, Illustrator, CorelDRAW, GIMP, мають велику низку функціональних можливостей які викликаються натиском кнопки на відповідну функцію у списку, або використовуючи спеціальні комбінації клавіш, які потрібно запам'ятовувати. Також робота з цими програмами часто вимагає великої кількості точних рухів та маніпуляцій, що також може бути проблемою для звичайної миші.

Розробивши багатофункціональний пристрій-маніпулятор у вигляді комп'ютерної миші дозволить досягнути наступних переваг:

1) підвищення продуктивності - спеціальний пристрій-маніпулятор може забезпечити спрощення процесу керування та за рахунок цього підвищити швидкість доступу до різноманітних функцій програмного забезпечення (ПЗ) чи відповідного графічного редактора. Відповідно це має прямий вплив на підвищення швидкості та ефективності при роботі;

2) спрощення роботи в програмах з складним інтерфейсом - даний аспект має пряме відношення до підвищення продуктивності роботи, але він заслуговує окремої уваги, так як велика кількість програм має складний інтерфейс, що дуже часто стає проблемою, а особливо на початковому етапі;

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

3) персоналізації або адаптивне налаштування - створення такої миші та відповідного програмного забезпечення дозволить врахувати персональні особливості користувача та його потреби. Відповідно користувач зможе виконати оптимальне налаштування, наприклад налаштування функції кожної кнопки чи регулювати певні параметри. Зокрема це має дуже позитивний вплив коли користувач має визначений перелік функцій, які використовуються найчастіше і можуть вимагати більшої кількості маніпуляцій у звичайному варіанті без використання спеціального маніпулятора.

4) підвищення точності - відповідність маніпулятора до потреб користувача дозволяє оптимізувати процес роботи. Також наявність додаткових компонентів дозволяє підвищити точність керування, наприклад мінімізувати вплив випадкових рухів чи вібрації які можуть виникати як наслідок тремтіння руки, тощо;

5) ергономіка - спеціально розроблена форма та правильно підібране розташування кнопок такого пристрою значно підвищує комфорт користування та запобігає виникненню проблем у процесі роботи. Також ергономіка має вплив на здоров'я користувача, так як тривала робота з такими пристроями може спричинити різні захворювання, зокрема «тунельний синдром», який часто виникає у людей які працюють за комп'ютером;

6) розширені можливості взаємодії - деякі багатофункціональні миші можуть надавати додаткові взаємодії, які обумовлені додатковими сенсорами.

Загалом варто зазначити, що розробка спеціалізованих пристроїв-маніпуляторів, зокрема таких як комп'ютерна миша, може значно полегшити та оптимізувати процес роботи, особливо у програмах з великою кількістю функціональних можливостей та складним графічним інтерфейсом.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

1.2. Аналіз існуючих пристроїв та систем

Розглянемо різновиди мишок-маніпуляторів, які існують на сучасному ринку. Цей аналіз є необхідним для того, щоб визначити яку функціональність вони реалізують та які технологічні інновації пропонують.

Першим пристроєм розглянемо комп'ютерну мишу стандартного типу - Redragon Impact RGB Black (див. рис. 1.1).



Рис. 1.1. Мишка Redragon Impact RGB Black

Згідно опису [7] вона має досить швидкий сенсор фіксації переміщення, який також здатний забезпечити високу точність. Він забезпечує високошвидкісне переміщення до 3,8 м/с, при цьому робить 12000 знімків поверхні на секунду.

Підтримує до 5 рівнів DPI, кожен з яких можна налаштувати за своїми вподобаннями. А також має можливість зберігати у вбудованій пам'яті 5 різних профілів з різними налаштуваннями.

Містить у своєму складі систему підсвічування та індикації, яку також можна налаштувати за власними побажаннями. А також має набір декількох

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

кнопок, яким можна задати власну функцію чи вказати призначення. Має вбудований редактор макросів.

У підсумку до огляду цієї моделі, можна сказати, що така миша-маніпулятор може забезпечити високу швидкість, підтримує можливість програмування кнопок на виконання власних команд, але вона не здатна забезпечити оптимальний рівень швидкості у контексті роботи з спеціалізованим програмним забезпеченням. Такі миші можуть бути у нагоді коли немає необхідності мати високий рівень функціональності і є важливим аспект габаритних розмірів та цінової категорії.

Наступним пристроєм буде розглянуто SpaceMouse Pro [8], який вже є спеціалізованим, високо функціональним маніпулятором (див. рис. 1.2).



Рис. 1.2. SpaceMouse Pro

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Такого типу маніпулятори дуже популярні у сферах де використовується спеціалізоване ПЗ, зокрема САД та САЕ. Це сфери інженерії, архітектури, моделювання тощо.

Цей маніпулятор підтримує тривимірну навігацію в інженерному проектуванні, має власний датчик який підтримує 6 напрямків вимірювання, що дуже актуально для управління цифровим контентом і позиціями камер в спеціальних САПР.

Містить у своїй будові клавіші швидкого перегляду, які забезпечують виявленням помилок, пошук альтернатив і загалом підвищує ефективність керування. Наявні кнопки для перемикання режимів, а також можна перевизначити функціональність кнопок з клавіатури на вбудовані у маніпуляторі.

Також має можливість налаштовуватися використовуючи макроси, маючи спеціальний власний драйвер. Завдяки чому існують широкі можливості для персоналізації.

У підсумку можна зазначити, що такий пристрій є дуже потужним інструментом, який здатний забезпечити високий рівень ефективності для роботи зі спеціалізованим програмним забезпеченням, що є критично важливим, а також гнучкість налаштувань та інтуїтивне управління.

Єдиним недоліком, який може стати критичним для більшості працівників - це досить висока вартість такого маніпулятора.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Наступний пристрій миша-маніпулятор, який буде розглянуто - це SpaceMouse Enterprise (див. рис. 1.3) [8].



Рис. 1.3. SpaceMouse Enterprise

Цей пристрій також призначений для активного використання у сферах інженерії, архітектури, моделювання, у якості інструмента керування процесами та функціями.

Цей маніпулятор, як і попередній, має вбудований сенсор, який дозволяє забезпечити 6 ступенів свободи. Зазначається [8] що він має детально продуманий ергономічний дизайн, який зменшує рух пальців на 28,6% на годину, а також покращує поставу тіла та позицію рук.

Містить у своїй структурі п'ять клавіш швидкого перегляду, а також містить три кнопки, які можна налаштувати персонально.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Функціональні клавіші програмуються, та автоматично оновлюються при зміні програмного середовища. Загалом містить 31 програмовану клавішу та вбудований тумблер обертання. Також має вбудований кольоровий РК-дисплей, який здатний візуалізувати інформацію про функціональне призначення клавіш, відображати піктограми з панелі інструментів тощо.

Цей пристрій є високотехнологічним інструментом, який значною мірою підвищує ефективність роботи зі спеціальним ПЗ у різних галузях. Завдяки широким можливостям налаштування та персоналізації, ергономічному дизайну, візуалізації, цей маніпулятор є дуже зручним та корисним пристроєм. Але він також має досить велику ціну, що може бути причиною відмови від користування такого роду маніпуляторами.

Тому варто зазначити, що існує потреба у розробці маніпулятора, який здатний забезпечити підтримку великої кількості функцій, оптимальне керування процесами і при цьому бути у відносно доступній ціновій категорії для більшості.

Розроблений пристрій буде включати 7 кнопок та два енкодери, функціональність яких можна налаштовувати та перевизначити, що надає широкі функціональні можливості для більшості задач. Пристрій буде мати відносно малі габарити, що надає переваги у мобільності та зручності використання. Також надається можливість працювати з об'єктами у тривимірному просторі. При цьому система буде мати невелику потужність та низьку собівартість у даному сегменті, що робить розроблений пристрій важливим та актуальним.

1.3. Ключові технічні складові системи пристрою

Ключові технічні складові системи пристрою-маніпулятора включають різноманітні компоненти та технології, які у поєднанні дозволяють безпосередньо забезпечити його функціональність.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Розглядаючи дане питання можна виділити наступний перелік технічних складових, без яких неможливо забезпечити роботу пристрою, або його надійну роботу:

1) оптичні або лазерні сенсори - ця складова пристрою дозволяє забезпечити відслідковування руху маніпулятора на поверхні робочого столу з забезпеченням високої або оптимальної точності. Оптичні сенсори здатні забезпечити високу швидкодію, але використання лазерних сенсорів може забезпечити роботу пристрою на різних типах поверхонь з високою точністю;

2) наявність кнопок та перемикачів - кнопки та перемикачі є основними елементами, які забезпечують взаємодію користувача з комп'ютером, тому їх наявність також є ключовою для забезпечення роботи пристрою. Кнопки можуть бути програмовані, тобто такими функціональне призначення яких може налаштовуватися відповідно до побажань користувача;

3) обчислювальне ядро - цей елемент є ключовим, який об'єднує у собі керування, обробку та формування вихідного сигналу на ПК. У якості обчислювального ядра зазвичай використовують мікроконтролери (МК). Мікроконтролер представляє собою пристрій, що містить ядро, АЛП, АЦП, постійну та оперативну пам'ять, низку інтерфейсів, та за допомогою програми виконує певні дії щодо керування, збору та обробки інформації. Мікроконтролер визначає логіку роботи маніпулятора та забезпечує реакцію на дії користувача;

4) інтерфейс зв'язку - ця складова маніпулятора також є дуже важливою, так як вона забезпечує взаємодію пристрою з ПК або іншими системами. В залежності від обраного інтерфейсу використовується різні способи передачі даних. Найпоширенішим на даний момент інтерфейсом є USB, також останнім часом широкого поширення набули системи з Bluetooth з'єднанням;

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

5) додаткові сенсори та модулі - в залежності від технічних та функціональних особливостей маніпулятор може містити інші додаткові сенсори. До таких сенсорів можна віднести акселерометри, гіроскопи, сенсори натискання, сенсори сили натиску. Даний перелік сенсорів розширює можливості маніпулятора, наприклад дозволяє визначати орієнтацію в просторі або розпізнавати жести чи змінювати товщину лінії в залежності від сили натиску тощо;

б) підсистема забезпечення живлення - у залежності від обраного типу пристрою, інтерфейсу взаємодії та технічних особливостей може відрізнятися система забезпечення живлення. Зокрема при використанні базового інтерфейсу USB живлення відбувається безпосередньо від ПК.

Але варто зауважити якщо пристрій використовує бездротову технологію передачі даних то система енергоживлення потребуватиме більше уваги, так як вона може містити вбудовані елементи живлення, такі як акумулятор чи змінні батарейки, окрему систему яка забезпечить заряджання та стабільність джерела, а також безперебійну роботу. Також важливим питання стає забезпечення енергоефективності та низького енергоспоживання.

Ці загальні ключові технічні складові у поєднанні утворюють високо функціональну систему, яка здатна забезпечити ефективну та зручну роботу з різноманітним програмним забезпеченням.

1.4. Загальні аспекти програмного забезпечення пристрою

Наступним аспектом який варто розглянути це програмне забезпечення пристрою. У даному випадку мається на увазі апаратне програмне забезпечення, яке описує порядок взаємодії між складовими елементами пристрою, а також обробки даних та інших дій на апаратному рівні. Це програмне забезпечення зберігається у пам'яті мікроконтролера.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Варто розглянути перелік загальних аспектів програмного забезпечення пристрою:

1) апаратне програмне забезпечення визначає, як пристрій буде реагувати на вхідні сигнали, команди користувача, обробляти зовнішні та внутрішні події. Це програмне забезпечення призначене для керування роботою мікроконтролера і відповідно усіх інших апаратних компонентів;

2) програмне забезпечення відповідає за обробку вхідних даних а також формує вихідні сигнали. Тобто програмне забезпечення включає зчитування даних з сенсорів, обробку введення команд користувача, взаємодію між складовими елементами системи тощо;

3) також важливим аспектом програмного забезпечення є впровадження режимів роботи, зокрема тих, які спрямовані на енергозбереження;

4) може включати елементи ПЗ яке забезпечує взаємодію з користувачем, використовуючи різні інтерфейси та засоби. Наприклад впровадження індикатора заряду акумулятора.

Програмне забезпечення повинно відповідати низці ключових характеристик, дотримання яких дозволяє забезпечити ряд важливих аспектів:

1) функціональність - передбачає відповідність вимогам функціональності, тобто забезпечувати необхідний набір функцій, які дозволять повністю реалізувати весь потенціал пристрою;

2) надійність - ПЗ повинно відповідати вимогам щодо стабільності роботи, зокрема враховувати можливість виникнення різних ситуацій, обробляти помилки та виключення. Забезпечення надійності та стабільності роботи програми є ключовим аспектом, без якого коректне використання пристрою неможливе;

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

3) чітка структура програми - передбачає відповідність вимогам щодо архітектури програмного забезпечення. Тобто програмний код повинен бути написаним з дотриманням базових правил і повинен забезпечувати зрозумілість, простоту, відсутність дублювання функціоналу, оптимізацію порядку виконання функцій тощо;

4) ефективність та оптимізація - ПЗ повинно працювати таким чином, щоб забезпечувати оптимальне використання доступних ресурсів, процесорний час, пам'ять, енергоспоживання тощо. Дотримання цього пункту дозволяє забезпечити швидкодію пристрою, мінімізацію кількості операцій, зменшує обсяг використання пам'яті тощо;

5) безпека - також у деяких випадках існує вимога щодо забезпечення захисту від несанкціонованого доступу до програмного коду, або можливості внесення до нього змін;

6) масштабованість - програмне забезпечення в наступних версіях може значно відрізнятись від поточної, і відповідно програма повинна мати таку структуру, щоб додання нових функцій не впливало на можливість виконання наявних та не потребувало змін у них.

Дотримання даного переліку правил та вимог дозволить забезпечити оптимальну роботу пристрою, а також відповідний користувацький досвід.

1.5. Забезпечення взаємодії між пристроєм та комп'ютером

Забезпечення взаємодії між пристроєм, у даному випадку маніпулятор, та комп'ютером є наступним ключовим аспектом розробки. Цей етап передбачає розробку системи, яка буде відповідати за передачу даних, керування, синхронізацію та інші дії розробленого пристрою з ПК.

Для забезпечення взаємодії пристрою та ПК можуть використовуватися різні інтерфейси, протоколи, системи зв'язку і їх вибір відрізняється в залежності від того, як саме повинен працювати пристрій.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Можна виділити наступний перелік аспектів забезпечення такої взаємодії:

1) інтерфейси зв'язку - для забезпечення передачі даних використовуються різні інтерфейси, які відрізняються своїми можливостями, технічними характеристиками, швидкістю передачі та способом передачі даних тощо. Вибір конкретного типу інтерфейсу залежить від потреб та можливостей пристрою;

2) протоколи комунікації - для забезпечення ефективної передачі даних використовують різні протоколи, які описують правила обміну та передачі інформації. Вибір протоколу також залежить від потреб та можливостей розробленого пристрою;

3) драйвери та програмне забезпечення - для забезпечення сумісності та правильної роботи пристроїв з комп'ютером повинні розроблятися та впроваджуватися спеціальні драйвери, які описують правила взаємодії ПК з конкретним пристроєм який до нього підключається. Відповідно це дозволяє розпізнавати пристрій у системі та забезпечувати з ним взаємодію відповідним чином;

4) інтерфейс користувача - у більшості випадків необхідна наявність базового інтерфейсу, який дозволить користувачу налаштувати роботу з пристроєм, перевірити його працездатність, визначити функціональність та відслідковувати можливі проблеми сумісності тощо. Цей інтерфейс зазвичай є частиною драйвера.

1.6. Визначення мети та актуальності теми

Мета цієї роботи полягає у розгляді ключових аспектів розробки миші-маніпулятора, а також визначення ключових та додаткових технічних складових, які впливають на функціональність та ефективність такого пристрою керування.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Актуальність цієї теми, а також напрямку у цілому, зумовлена постійним розвитком технологій та зростанням потреб у вдосконаленні способів та інтерфейсів взаємодії користувача з об'єктом керування, у даному випадку об'єктом керування виступає ПК.

Пристрої типу миша-маніпулятор є одними з основних пристроїв введення та керування процесами ПК. Розуміння його робочих принципів та технічних характеристик є важливим для подальшого вдосконалення та розробки нових пристроїв.

Ця робота спрямована на розгляд системи, опис загальної структури пристрої миші-маніпулятора, детальному описі процесів та засобів взаємодії, а також розглядаються способи забезпечення цих технічних аспектів.

Також розглядається питання розробки програмного забезпечення та оптимізації роботи, зокрема апаратного програмного забезпечення, яке призначене для опису взаємодії елементів системи, а також питання драйверів та іншого додаткового ПЗ.

Інноваційність полягає у тому, що більшість систем маніпуляторів для ПК є габаритними пристроями, що мають високу вартість, а звичайні комп'ютерні миші не надають широкого функціоналу, при цьому розроблений пристрій здатний забезпечити високу мобільність, оптимальну функціональність для більшості задач при цьому дотримуючись невеликих габаритних розмірів, а також мати невелику споживану потужність, що відповідає вимогам енергоефективності.

Дана розробка дозволить принести значний внесок у питання розробки більш доступних, функціональних та мобільних пристроїв-маніпуляторів для ПК, що відповідатиме потребам користувачів.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

1.7. Висновки до розділу 1

У цій частині роботи було досліджено та описано ключові складові процесу розробки пристрою миші-маніпулятора. Було розглянути важливі аспекти розробки, зокрема такі як: апаратна розробка, особливості та вимоги до неї; розглянуто основні апаратні складові та описано їх функціональні призначення; розглянуто аспекти розробки апаратного програмного забезпечення яке визначає правила взаємодії елементів пристрою, а також технічні аспекти розробки ПЗ; описано питання забезпечення взаємодії між розробленим пристроєм та ПК, а також перераховано усі складові наявність яких є необхідною для забезпечення такого зв'язку та передачі даних.

Розробка пристрою вимагає уваги до кожної складової, починаючи від апаратної частини і закінчуючи протоколами обміну даними. Комплексний підхід до розробки, включно з врахуванням усіх перелічених та описаних питань у розділі, дозволяє створити систему, яка буде відповідати вимогам якості, надійності та продуктивності.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

2 РОЗРОБКА ТА ОПИС БАЗОВОЇ СТРУКТУРИ ПРИСТРОЮ-МАНІПУЛЯТОРА

2.1. Розробка схеми принципу побудови пристрою

У цій частині роботи розглянемо принцип роботи та структур пристрою розробленої миші-маніпулятора. На рис. 2.1 показано схему принципу побудови пристрою.

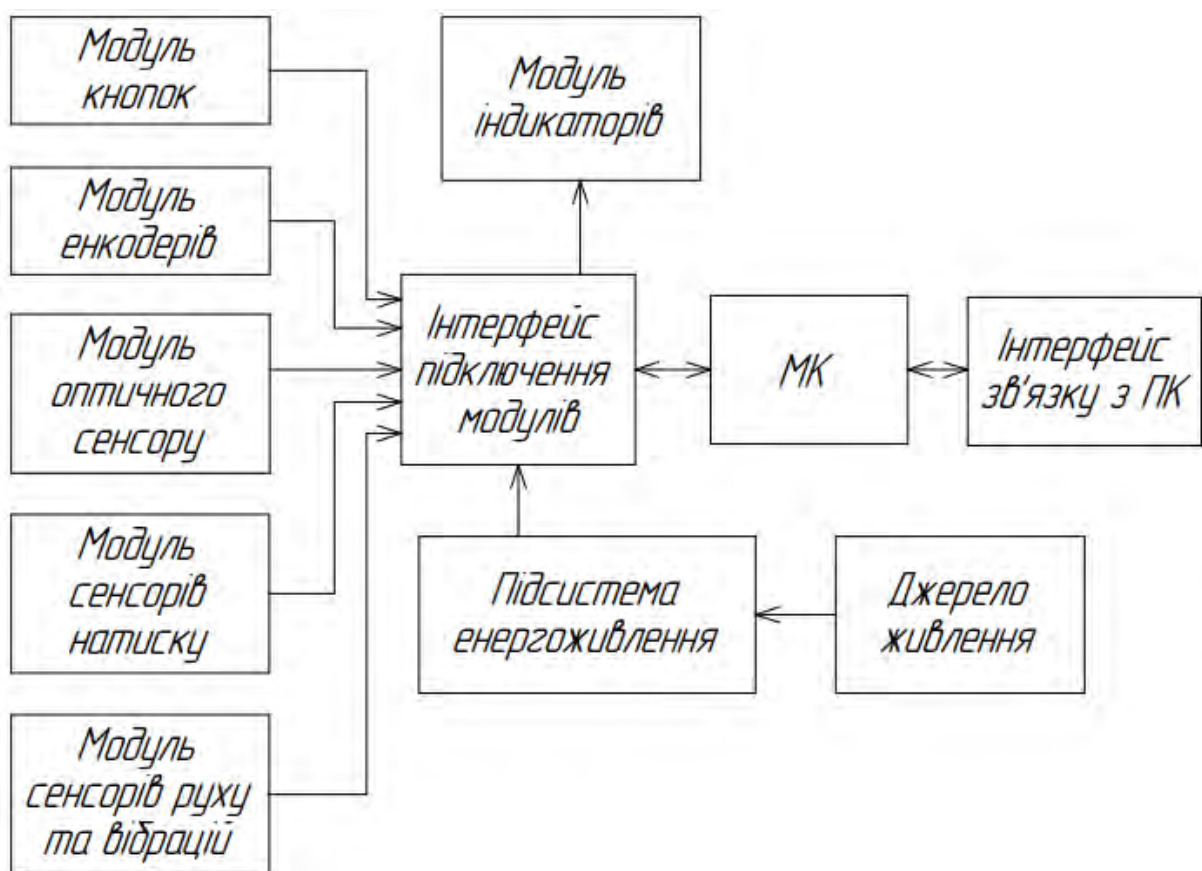


Рис. 2.1. Схема принципу побудови пристрою миші-маніпулятора

Розроблений пристрій має у якості обчислювального ядра мікроконтролер, який використовується для керування усіма процесами роботи маніпулятора, виконання обчислювальних операцій, керування обміном даних та інших дій.

До мікроконтролера приєднано інтерфейс підключення модулів. Даний інтерфейс фізично представляє плату, яка містить місця підключення модулів. Такий підхід дозволяє спростити структуру пристрою і забезпечить високий рівень модульності.

До інтерфейсу під'єднано наступний перелік модулів:

1) модуль оптичного сенсора - даний модуль призначений для визначення позиції маніпулятора на площині та фіксації зміни значень. Даний модуль є ключовим у системі і є обов'язковим для забезпечення працездатності;

2) модуль кнопок - даний модуль містить у своєму складі кнопки керування, які забезпечують базову взаємодію користувача з ПК. Мінімальна кількість кнопок - дві, також розроблений пристрій може містити інші кнопки з різним функціональним призначенням. Цей модуль має односторонній зв'язком з ядром, так як виконується тільки зчитування стану кнопки;

3) модуль енкодерів - даний модуль містить енкодери, які необхідні для виконання функції прокручування (скролінгу) та додаткових функцій. Цей модуль також обов'язковий для забезпечення працездатності пристрою. Даний модуль зображено з одностороннім зв'язком, який забезпечує зчитування;

4) модуль індикаторів - додатковий необов'язковий модуль, не має впливу на працездатність пристрою, і призначений для відображення інформації, наприклад у якості індикатору заряду (якщо пристрій працює на акумуляторі), або для відображення певних процесів чи дій. Модуль поєднаний одностороннім зв'язком, так як відбувається керування індикацією;

5) модуль сенсорів натиску - додатковий необов'язковий модуль, який призначений для визначення сили натиску на кнопки, і може бути виконаний у різних формах. Даний модуль дозволяє розширити функціональні можливості пристрою. Модуль зображений з двостороннім зв'язком, так як може містити як необхідність зчитування даних, так і налаштування;

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

б) модуль сенсорів руху та вібрацій - додатковий не обов'язковий модуль, який призначений для фіксації можливих рухів чи вібрацій, які виникають внаслідок випадкових дій. Використання даного модуля дозволяє виявляти подібні впливи та не враховувати у вихідному сигналі, що може дозволити уникнути різних небажаних результатів, або переводити роботу пристрою в режим енергозбереження при відсутності дій користувача. Цей модуль має двостороннє підключення, так як може відбуватися як зчитування даних, так і його налаштування.

Пристрій також повинен містити підсистему забезпечення енергоживлення. Цей блок необхідний для того, щоб оптимально керувати енергоживленням та зарядкою. Цей елемент має двосторонній зв'язок з МК, так як може виникати необхідність налаштування або отримання даних з модуля (наприклад для відображення рівня заряду тощо). До цієї підсистеми може підключатися зовнішній акумулятор, або мати пряме підключення через USB.

МК поєднаний з блоком - інтерфейс зв'язку з ПК. Цей блок вказує на наявність визначеного способу передачі даних між розробленим пристроєм та ПК. Зв'язок відображено двостороннім так як може бути двостороння взаємодія. У більшості випадків цей інтерфейс є USB-інтерфейсом, але у випадку бездротової передачі даних це може бути Bluetooth-модуль.

Ця структура пристрою дозволяє забезпечити необхідний перелік функціональних можливостей, а також має чіткий опис складових елементів за їх призначенням.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

На основі розробленої схеми принципу побудови пристрою миші-маніпулятора було створено спрощений концепт варіанту остаточного вигляду маніпулятора (див. рис. 2.2).

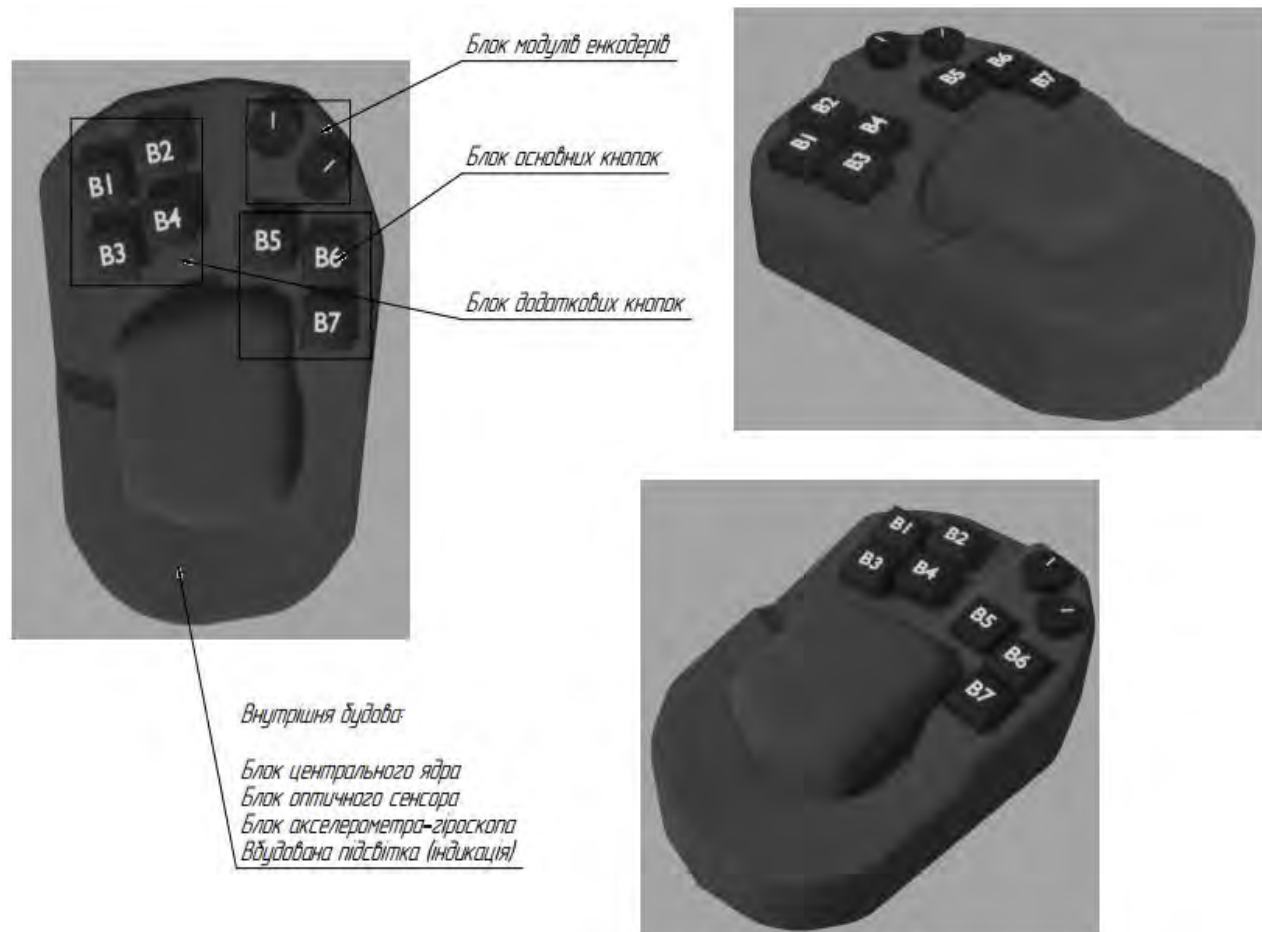


Рис. 2.2. Концепт пристрою миші-маніпулятора

Даний концепт відображає зовнішні елементи, а саме ті які відповідають за введення інформації користувачем (модулі кнопок та енкодерів). Також вказано що у внутрішній частині розташовані такі елементи, як центральне ядро, оптичний сенсор, акселерометр-гіроскоп та блок підсвітки/індикації. Варто зазначити, що розташування елементів індикації буде залежати від остаточного варіанту будови корпусу, але передбачається що цей елемент буде виконувати як роль індикаторів стану, так і роль підсвітки в основному режимі роботи.

					ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Цей концепт не є остаточним варіантом будови, розташування елементів, їх розмірів, структури тощо, а виключно демонструє загальну ідею та приблизний зовнішній вигляд.

2.2. Вимоги до функціональних блоків та системи

Одним із важливих питань, які варто розглядати на етапі розробки, це розгляд базової структури та системи взаємодії ключових функціональних блоків з дотриманням вимог щодо забезпечення оптимального рівня роботи та взаємодії.

До основних вимог, які постають у процесі розробки будь-якого пристрою, можна віднести наступні [15-18]:

1) функціональність - кожен функціональний блок пристрою повинен виконувати чітко визначену функцію в межах свого призначення, та виконуватися у вигляді окремого модуля;

2) швидкодія - вимога визначає те, наскільки швидко кожен функціональний блок пристрою повинен реагувати на вхідні сигнали, або навпаки видавати вихідний сигнал. Ця вимога є важливою для маніпулятора, так як швидкодія забезпечує плавність та оптимальний відгук системи;

3) енергоефективність - важливо враховувати споживання енергії кожним функціональним блоком, та визначати можливості щодо оптимізації енергоспоживання;

4) надійність - функціональні блоки системи повинні бути стійкими до помилок та збоїв, а також можлива помилка чи поломка не повинна впливати на функціональність чи працездатність іншого модуля;

5) інтегрованість - при розробці системи варто враховувати, щоб кожен обраний функціональний блок правильно поєднувався та взаємодівав один з одним або з ядром (у залежності від потреб), забезпечуючи їх спільну роботу.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Цей перелік вимог є базовим і в залежності від типу системи чи її призначення може доповнюватися, а також розширювати особливості вже наявних вимог.

Дотримання визначеного переліку базових вимог дозволить забезпечити оптимальний рівень взаємодії пристрою-маніпулятора, що відповідатиме потребам користувача.

2.3. Забезпечення модульності системи

Наступним етапом розглянемо не менш важливе питання при розробці пристрою маніпулятора - забезпечення модульності системи.

Забезпечення модульності системи є важливим ключовим аспектом розробки будь-якого пристрою. Модульність системи означає те, що вона повинна бути розділеною на окремі модулі або складові компоненти, які можуть бути окремо та незалежно від усіх інших підсистем розроблені, протестовані, підтримувані та оновлюватися.

Дотримання правила модульності допомагає забезпечити гнучкість, масштабованість та підтримку розробленої системи у подальшому, а також спростить процес можливого ремонту, або заміни елемента. Для того, щоб систему зробити модульною вона повинна відповідати переліку наступних принципів:

1) розділення системи на функціонально незалежні модулі - принцип передбачає розділення на окремі функціональні модулі, які відповідають за виконання конкретно визначених завдань або функцій. Дотримання цього принципу дозволяє уникнути нагромадження в одну жорстку систему де все взаємопов'язано, а також дозволяє кожному модулю бути самостійним та забезпечує можливість його замінити без впливу на інші частини системи;

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

2) інтерфейси та взаємозв'язки між модулями - кожен функціональний модуль повинен мати чітко визначений інтерфейс (спосіб взаємодії), який забезпечуватиме взаємодію та передачу даних між іншими взаємопов'язаними складовими. Дотримання даного принципу дозволяє фізично реалізувати на кожному модулі свій інтерфейс і підключати їх в систему без необхідності розуміння особливостей його роботи, тобто виконується уніфікація;

3) ізоляція модулів - кожен функціональний модуль системи повинен бути ізольований від змін та впливів в інших модулях. Це означає, що зміни, в одному модулі не матимуть впливу на необхідність зміни в іншому модулі. Такий підхід сприяє забезпеченню стабільності та надійності кожного модуля і як результат забезпечує більшу тривалість роботи пристрою;

4) принцип єдиного обов'язку - кожен модуль системи повинен виконувати виключно одну функцію, або мати один визначений обов'язок, наприклад модуль кнопок та модуль енкодерів незалежні один від одного, фізично виконані окремо і відповідають лише за один обов'язок, відповідно модуль кнопок - відповідає за введення даних натисканням, модуль енкодерів - відповідає за введення даних обертанням (прокручуванням).

Питання забезпечення модульності є дуже важливим, воно надає можливість зробити систему пристрою гнучкою, легко розширюваною та підтримуваною, що є ключовими аспектами для успішної розробки пристрою-маніпулятора.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

2.4. Висновки до розділу 2

У цьому розділі роботи було розглянуто питання початкового проектування, а також особливостей та вимог до цього процесу.

У частині розробка та опис базової структури пристрою-маніпулятора було описано принцип роботи та наведено базову структуру майбутнього пристрою. Представлена схема побудови пристрою та опис кожного з його складових модулів.

Розглянуто питання вимог до функціональних блоків та системи в цілому, де наведено перелік основних вимог до модулів, які включають забезпечення функціональності, швидкодії, енергоефективності, надійності та інтегрованості. Також описано важливість дотримання кожної з вимог, та їх вплив на оптимальну роботу системи.

Також описано питання забезпечення модульності системи де було висвітлено ключові аспекти забезпечення модульності системи, зокрема такі як: розділення системи на функціонально незалежні блоки; інтерфейси та взаємозв'язки між модулями; ізоляція модулів та принцип єдиного обов'язку. Вказано на важливість дотримання цих принципів для забезпечення гнучкості та підтримки розробленої системи у подальшому.

Цей розділ дозволяє розширити розуміння процесу проектування та початкового етапу розробки пристрою-маніпулятора, враховуючи аспекти апаратної та програмної складової.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

3 РОЗРОБКА ТА ОПИС ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ПРИБОРУ-МАНІПУЛЯТОРА. РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ

3.1. Базовий опис електричної принципової схеми

У цій частині розглянемо електричну принципову схему (див. рис. 3.1) системи розробленого пристрою у загальному вигляді.

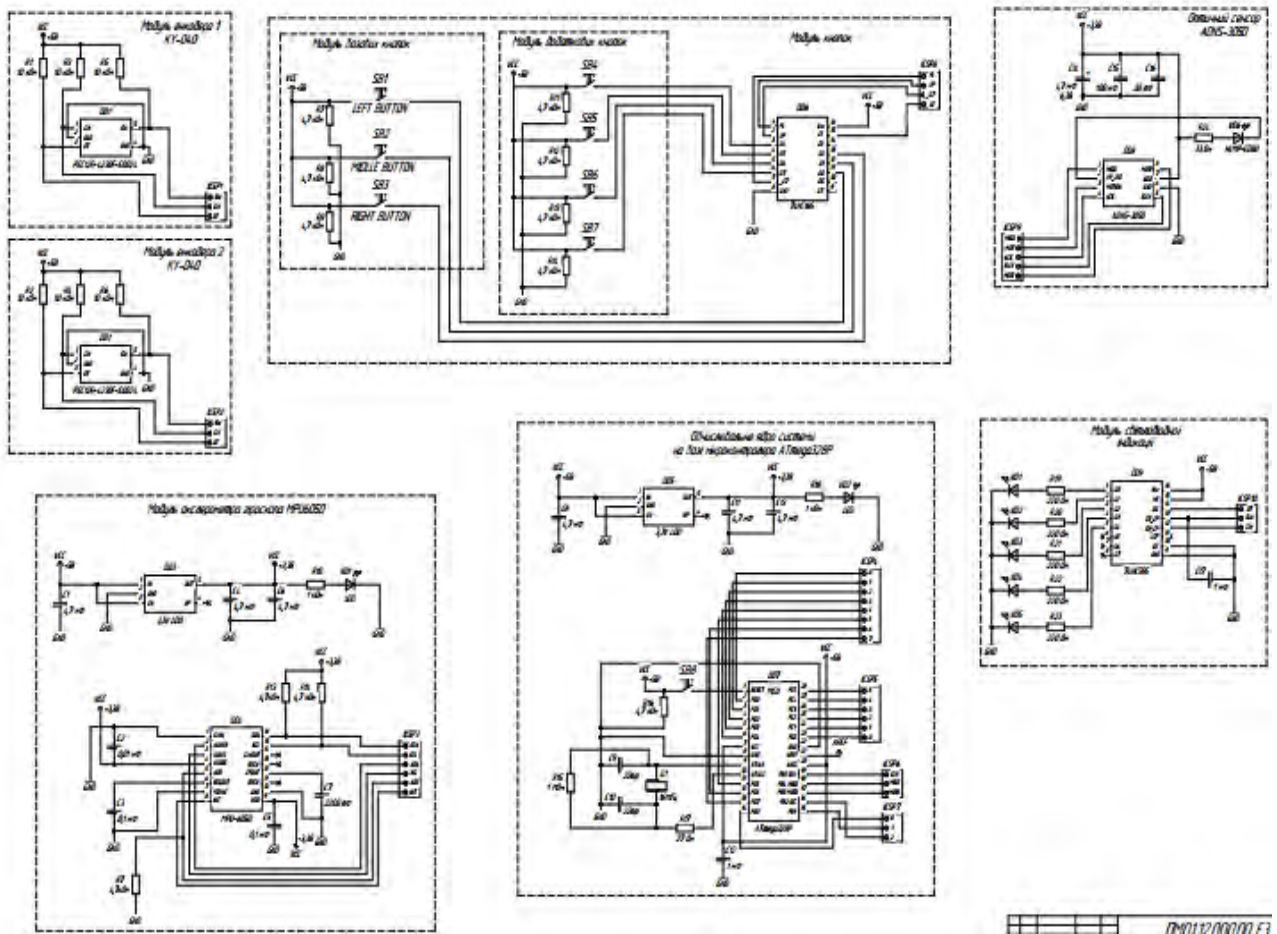


Рис. 3.2 Загальна електрична принципова схеми миші-маніпулятора

Ця схема відображає загальну структуру системи, складові елементи та взаємозв'язки модулів, які наявні у пристрої.

На даній схемі відображено такі складові елементи та модулі: базовий модуль кнопок; додатковий модуль кнопок; модуль оптичного сенсора; модуль

гіроскопа-акселерометра; модулі енкодерів та модуль ядра системи на базі мікроконтролера ATmega328P.

Визначений перелік складових модулів дозволяє забезпечити базовий функціонал маніпулятора, зокрема:

1) надає можливість керувати процесами використовуючи кнопки. Використання двох окремих модулів кнопок обумовлено тим, що в залежності від модифікації та зміни кількості кнопок в додатковому модулі, завжди буде наявна базова кількість кнопок керування, як у будь-якому іншому маніпуляторі типу миша;

2) містить модулі енкодерів, які дозволяють забезпечити регулювання певних параметрів. Енкодери обертаються і ядро здатне фіксувати цю кількість обертів та напрямок обертання, що дозволяє плавно змінювати значення визначеного параметру, наприклад рівня гучності, або товщини лінії в редакторі;

3) містить модуль оптичного сенсора, який здатний забезпечити можливість керувати курсором на ПК змінюючи положення миші-маніпулятора;

4) модуль акселерометра-гіроскопа, який використовується для визначення зміни та швидкості зміни положення мишки, що може бути корисним для певних функцій та механізмів роботи;

5) модуль ядра системи, який містить у своєму складі мікроконтролер, усі необхідні інтерфейси та базову обв'язку, яка забезпечить оптимальне функціонування пристрою.

Усі модулі виконані у вигляді окремих підсистем, які поєднуються з ядром системи використовуючи відповідні інтерфейси взаємодії.

Детальніше кожен визначений модуль, їх функціональне призначення та особливості будуть розглянуті у наступних підрозділах цієї частини роботи.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

3.2. Опис модулів кнопок маніпулятора

У цій частині детальніше розглянемо модулі кнопок, які використовуються у цьому пристрої (див. рис. 3.2).

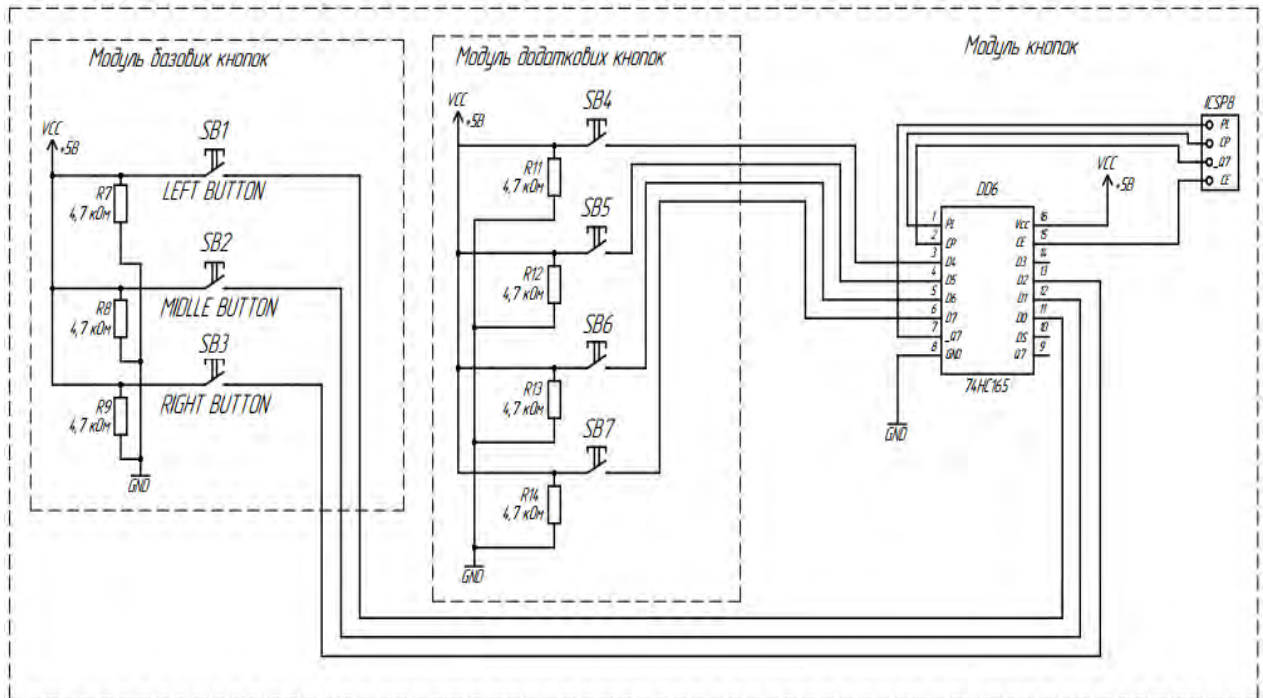


Рис. 3.2 Електричні принципові схеми модулів кнопок маніпулятора

Модулі кнопок виконуються у вигляді двох фізично необ'єднаних складових, пряме функціональне призначення яких - виконання функцій, які визначені системою (програмним забезпеченням), через натискання клавiш.

Модулі є однотипними, та відрізняються кількістю кнопок, відповідно перший модуль містить три кнопки: LeftButton, MiddleButton та RightButton (назви кнопок вказують на визначені їх функціональні призначення); аналогічно другий модуль містить чотири кнопки, функціональне призначення яких обов'язково налаштовується (або вказується за замовчуванням).

Модуль має фізичний інтерфейс що утворений шляхом підключення до регістра 74НС165, який підключається до визначеного інтерфейсу в модулі ядра системи. Завдяки такому підходу можна легко замінити будь-який з цих модулів не втручаючись в загальну концепцію системи.

3.3. Опис модуля світлодіодної індикації

Також в схемі маніпулятора-миші може бути наявна світлодіодна індикація, у даному випадку пропонується використання модуля на базі зсувного регістру (див. рис. 3.3).

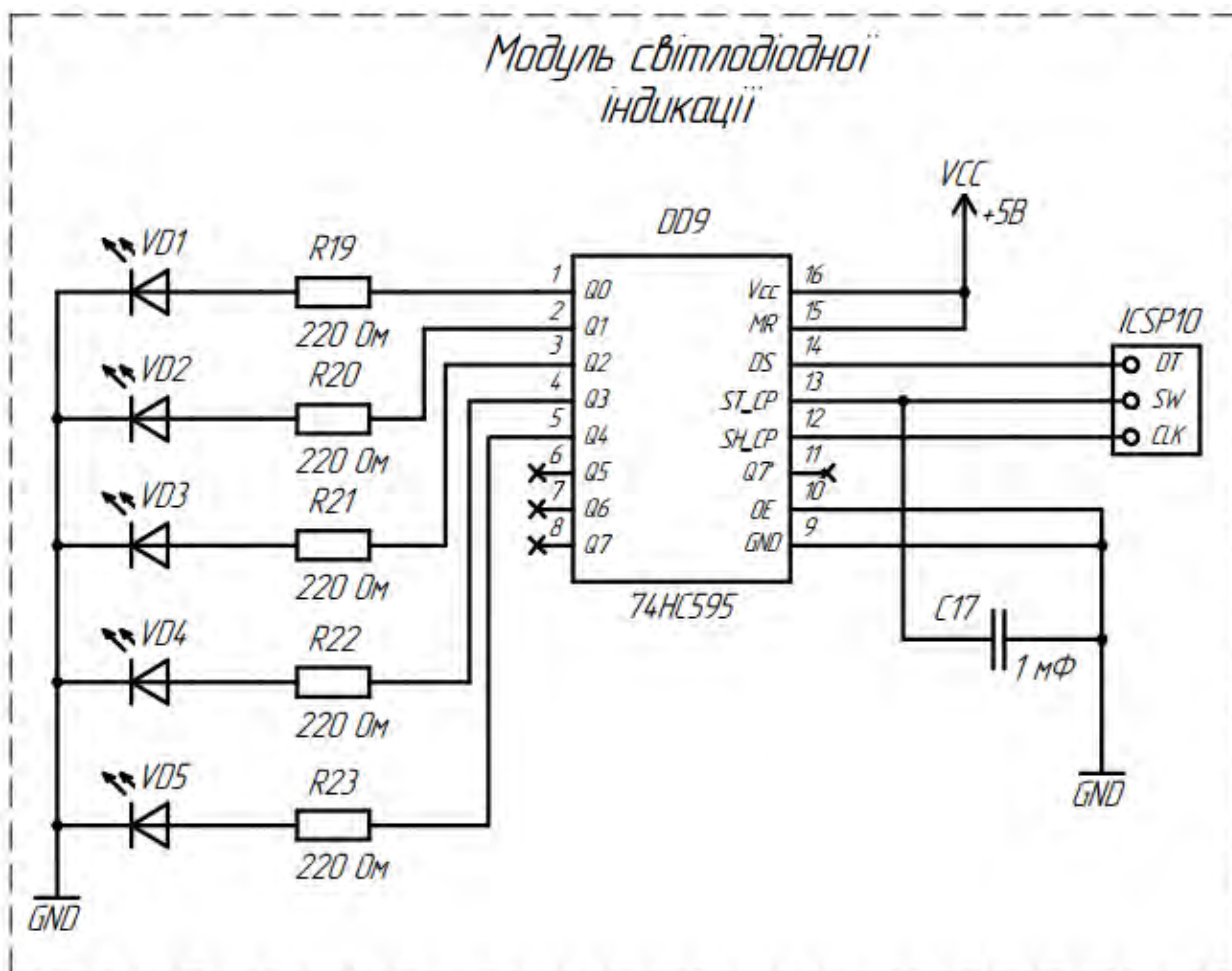


Рис. 3.3. Електрична принципова схема модуля світлодіодної індикації

Даний модуль є дуже простим у своїй структурі і містить у своєму складі зсувний регістр 74НС595 на 8 виходів, до яких підключено 5 світлодіодів.

Використання регістру є доречним коли є необхідність керувати індикацією, яка містить значну кількість світлодіодів, і так як у цій структурі використовується тільки 5 світлодіодів існує можливість додати ще 3 без особливих змін у конфігурації схеми цього модуля.

Мікросхеми 74НС595 - це восьми розрядний регістр зсуву з послідовним вводом, послідовним або паралельним виводом інформації, з тригером-фіксатором і трьома станами на виході. Також є можливість послідовного підключення таких регістрів [3].

Табл. 3.1. Опис призначення виводів регістра зсуву 74НС595 [3]

Назва контакту	Опис та призначення контакту
Q0-Q7	Цифрові порти вводу/виводу інформації
GND	Земля
VCC	Живлення
Q7'	Data serial output. Вихід для послідовного підключення регістрів
DS	Data serial input. Контакт для підключення до шини даних (MOSI)
OE	Output enable. Контакт активності виходів
ST_CP	Storage register clock input. Контакт фіксатора (SS)
SH_CP	Shift register clock input. Контакт для підключення до лінії такту (SCK)
MR	Master reset. Контакт скидання

Передача інформації відбувається по інтерфейсу схожому на SPI (Serial Peripheral Interface), на рис. 3.4 показано часову діаграму перетворень серійних даних в цифрові логічні стани на виводах [3].

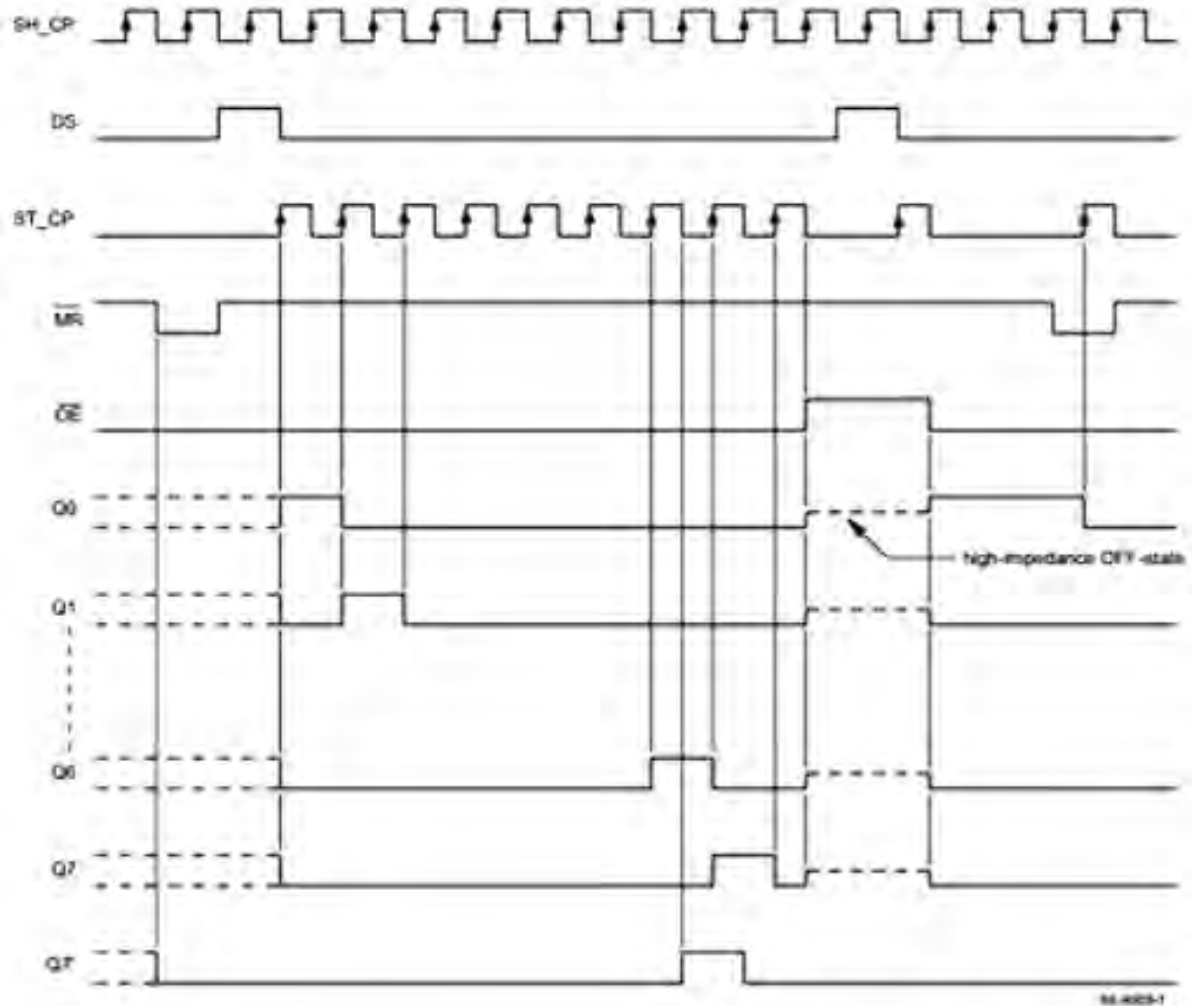


Рис. 3.4. Часова діаграма перетворень серійних даних в цифрові логічні стани на виводах [3]

Паралельне підключення дає змогу записувати в усі регістри одну й ту саму інформацію одночасно. Також завдяки тому, що при записі бінарних даних відбувається побітовий здвиг можливо здійснювати математичні операції (помножити на 2 та поділити на 2) [3].

Світлодіоди на вході мають обмежуючі резистори на 220 Ом, що призначені для захисту від великого струму, а також є конденсатор на 1 мФ, який додано у якості фільтру, що мінімізує шум.

Модуль виконано відокремленим від інших і тому має свій власний фізичний інтерфейс який можна поєднати з ядром маніпулятора. Це дозволяє легко замінювати несправний модуль.

Доданий модуль світлодіодної індикації може бути використаним для різних цілей, таких як відображення статусу роботи пристрою, індикація також важлива для відображення подій чи сигналізації про специфічні ситуації, помилки системи і вказувати на саму проблему, або відображати заряд акумулятора.

Простота та гнучкість цього модуля роблять його зручним та важливим компонентом у схемі маніпулятора миші.

Важливо вказати, що використання зокрема модуля енкодера, який буде розглянутий нижче, дозволить змінювати задачу відображення індикації. Наприклад може існувати декілька заготовок для відображення інформації, які можна скролити.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

3.4. Опис модулів енкодера маніпулятора

У цій частині розділу буде розглянуто базову структуру та елементи модуля енкодера (див. рис. 3.5), який використовується у пристрої.

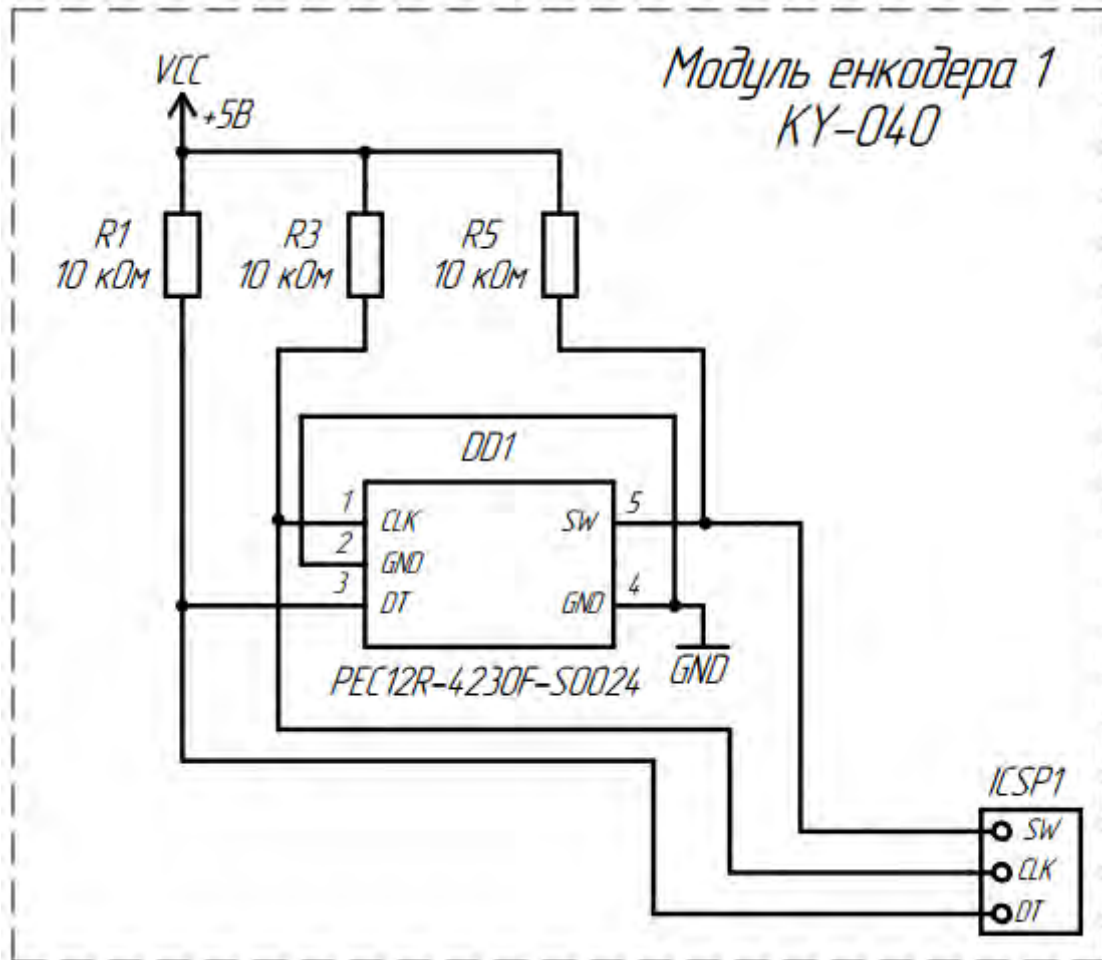


Рис. 3.5. Електрична принципова схема модуля енкодера

Енкодер - це пристрій, що призначений для вимірювання кутового положення або обертання об'єкта і перетворює це положення в електричний сигнал. Його також можна використовувати для точного регулювання параметрів.

Розрізняють два типи енкодерів [2]:

1) інкрементальні - призначені для визначення кута повороту обертового об'єкта. Генерують послідовний імпульсний цифровий код, що містить інформацію щодо кута повороту об'єкта. Якщо вал зупиняється, то зупиняється і передача імпульсів. Основним параметром датчика є кількість імпульсів за один оборот. Миттєву величину кута повороту визначають кількістю імпульсів від старту. За обчислення кількості імпульсів у часі визначають кутову швидкість в оборотах на хвилину. Для визначення напрямку обертання використовують два вихідних канали, в яких ідентичні послідовності імпульсів зрушені один від одного на 90° . Для того щоб знайти абсолютне положення валу, є нульова мітка;

2) абсолютні - мають на виході цифровий код, різний для кожного положення об'єкта, що дозволяє визначити кут повороту осі навіть в разі вимкнення живлення. Не вимагає повернення об'єкта в початкове положення, що є його перевагою. Оскільки кут повороту завжди відомий, то лічильник імпульсів не потрібен. Сигнал абсолютного енкодера не залежить від перешкод, а тому не потрібно точно встановлювати вал. Цей енкодер використовується у високоточних системах.

За принципом дії енкодери розрізняють[2]:

- оптичні;
- магнітні;
- магніторезистивні.

Взаємодію системи з енкодером можна програмувати, що дозволяє його використовувати для регулювання різних параметрів, наприклад гучності відтворення аудіо, а в графічних редакторах - для зміни товщини лінії олівця чи кисті, або зробити функцію скролінгу тощо.

Використання енкодера є дуже зручним засобом зміни параметрів в реальному часі, так як він забезпечує точне і плавне налаштування за допомогою обертання його валу.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

У розробленій системі передбачається наявність двох модулів енкодера (використовується поширений в електричних пристроях енкодер КУ-040) функціональне призначення яких може визначатися індивідуально за бажанням користувача або потреб програмного забезпечення.

Ці модулі, так як і попередні, мають визначений інтерфейс і не підключаються до МК напряму, що дозволяє забезпечити його взаємозамінність і відокремленість.

3.5. Опис модуля оптичного сенсора

У цій частині основну увагу буде приділено опису використаного оптичного сенсора ADNS-3050, електрична принципова схема якого зображена на рис. 3.6.

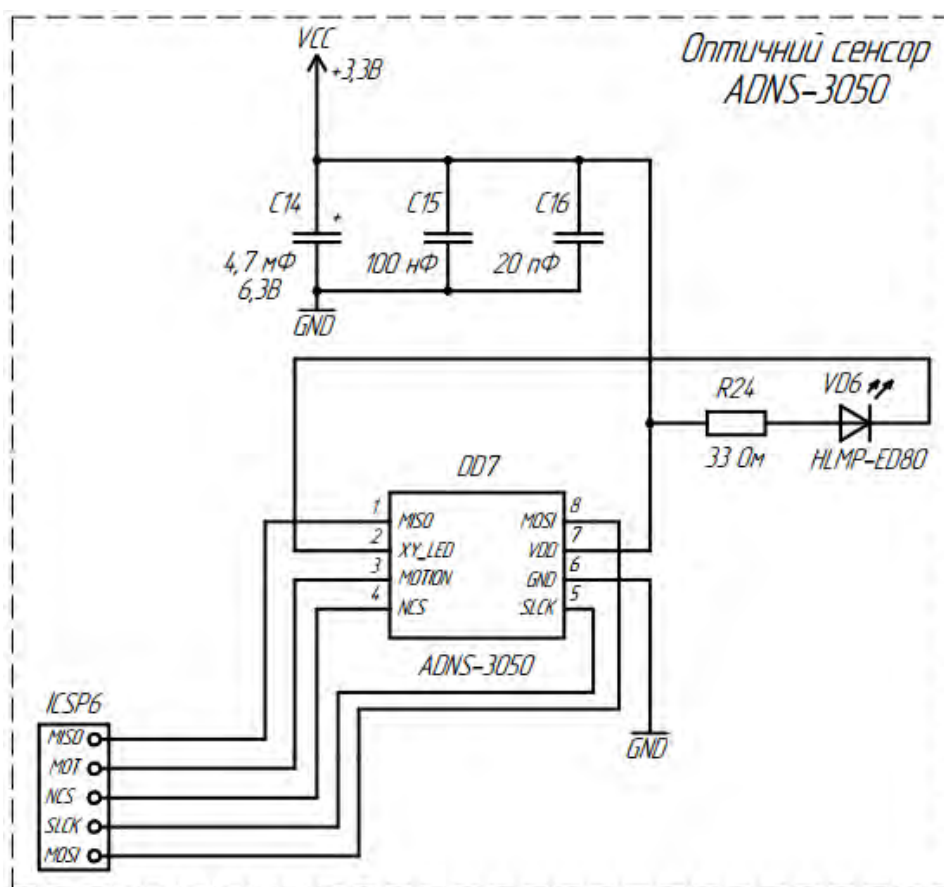


Рис. 3.6. Електрична принципова схема модуля оптичного сенсора

Для забезпечення можливості керування курсором використовується спеціальний оптичний датчик, у даному випадку це ADNS-3050 (див. рис. 3.7). Цей сенсор є низькорівневим оптичним сенсором, який отримав широке поширення серед пристроїв керування ПК. Цей сенсор здатний забезпечити відстеження руху на поверхні, забезпечує роздільну здатність до 2000 DPI, а також має високу швидкодію.

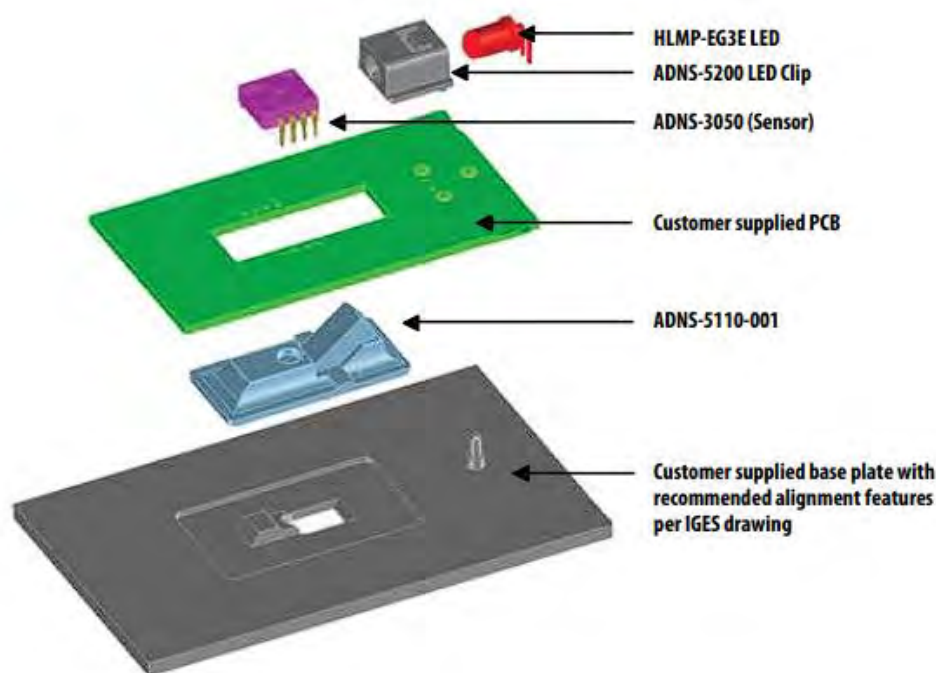


Рис. 3.7. Структура та складові елементи ADNS-3050

Цей сенсор використовується у більшості оптичних комп'ютерних мишах, так як він забезпечує стабільну й точну роботу на різних поверхнях, досить високу швидкодію, має не велику ціну, а також легко програмується, що робить його досить популярним рішенням для завдання керування курсором.

У цьому пристрої передбачена наявність модуля ADNS-3050. Цей модуль має окремий інтерфейс, через який відбувається підключення до мікроконтролера, що дозволяє з легкістю його замінювати у разі необхідності.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

3.6. Опис модуля акселерометра-гіроскопа MPU6050

У цій частині буде розглянуто використання модуля на основі датчика акселерометра-гіроскопа MPU6050 (див. рис. 3.8).

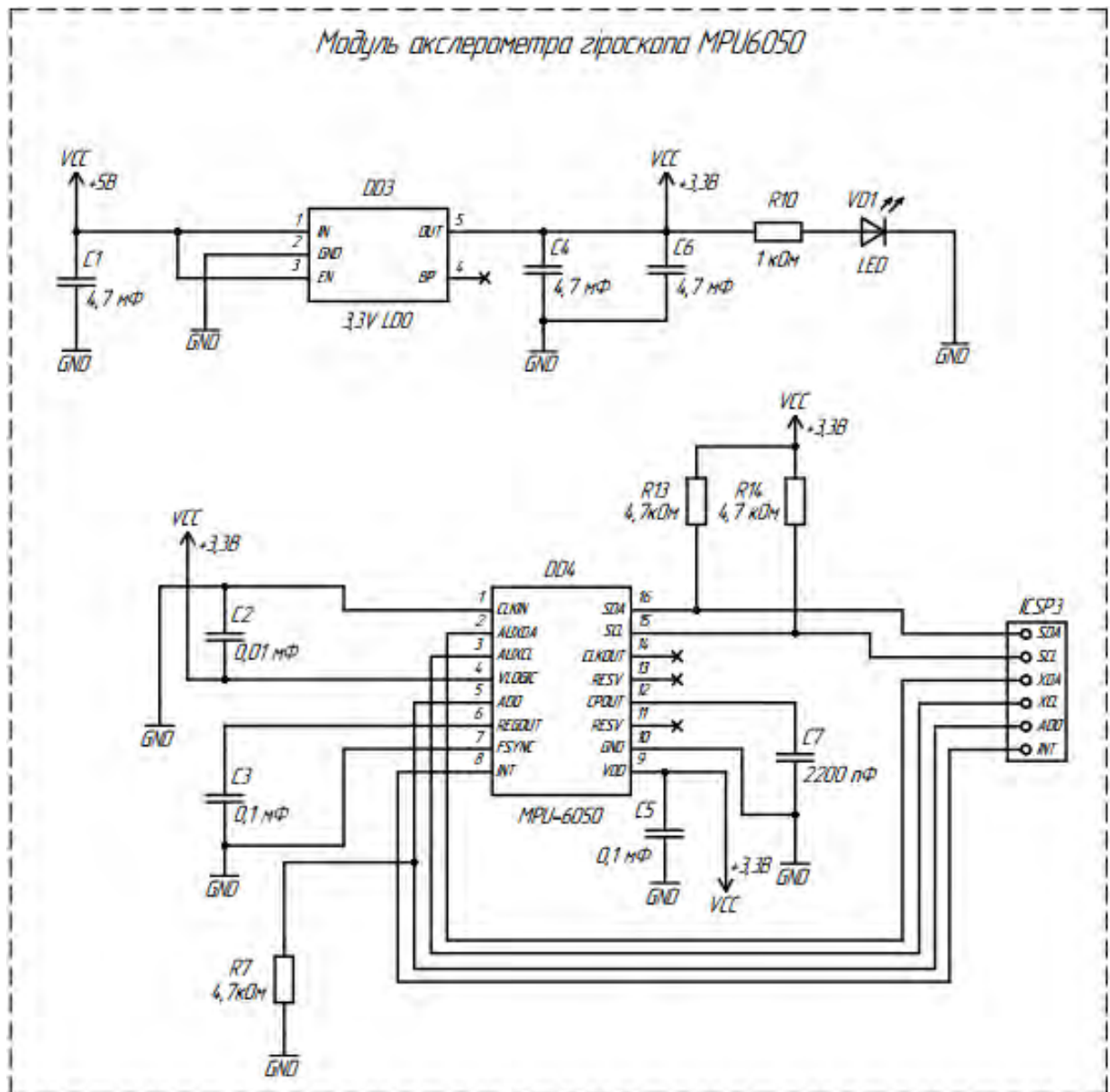


Рис. 3.8. Електрична-принципова схема модуля акселерометра-гіроскопа MPU6050

Використання модуля MPU6050 у пристрої миші-маніпуляторі надає додаткові можливості та розширює функціональність пристрою. MPU6050 - це

шести-компонентний датчик, який дозволяє вимірювати прискорення та обертання об'єкта в просторі.

Його використання надає такі функціональні можливості:

1) вимірювання прискорення може допомогти виявляти та реагувати на різні рухи, і в залежності від цього значення присвоювати виконання певної функціональної можливості;

2) також додається можливість розпізнавати жести за допомогою комбінацій даних з гіроскопа та акселерометра. В залежності від цих даних можна впровадити функцію згортання вікна, або скролінг, обертання об'єкта тощо;

3) також дані вимірювання з датчика можуть дозволити забезпечити кращу стабілізацію курсора, враховуючи та зменшуючи вплив дрібних тремтінгів руки або можливих вібрацій тощо;

4) також може забезпечити можливість керування віртуальними об'єктами, особливо це може бути доречним у роботі з програмами 3Д графіки або симуляції.

Враховуючи всі вище перераховані можливості можна зазначити, що використання даного модуля є досить доречним та ефективним.

У даному модулі передбачено блок стабілізації напруги, впроваджено світлодіод, який відображає чи підключений на даний момент модуль, має саму мікросхему датчика і його обв'язку. Для підключення модуля до мікроконтролера впроваджено відповідний інтерфейс.

Стабілізація, зазвичай, проводиться мікроконтролером на підставі інформації, отриманої від акселерометра і гіроскопа, одночасне застосування яких передбачено в модулі GY-521 на мікросхемі MPU-6050 [4].

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Область застосування модулю досить широка, а саме для координації різних пристроїв - від просто детектора руху до системи орієнтації різних роботів або управління рухами будь-яким пристроями. Але у стані спокою гіроскоп видає не нуль, а дуже маленьке число, відмінне від нуля, так званий «дрейф нуля» [4]. У контексті використання в спеціалізованому ПЗ він може бути необхідним для стабілізації курсору, 3Д-навігації (часто використовується у моделюванні роботи чи поведінки об'єкту у тривимірному просторі), для жестового керування тощо. Але варто зазначити, що використання обмежується специфікою конкретної діяльності.

Для остаточного отримання орієнтації в просторі потрібен ще один вектор, який не буде збігатися з вектором прискорення вільного падіння Землі та визначатиметься завдяки магнітометру, що спрощує процес калібрування при помилках орієнтації. Тобто, для точного визначення кутових координат апарату необхідно використати три датчика: акселерометр, гіроскоп і магнітометр. Безсумнівно, існують сенсори руху, які об'єднують усі три необхідні датчика, но суттєвою перевагою модуля GY-521 є низька вартість і низьке енергоспоживання [4].

3.7. Опис модуля ядра пристрою

У цій частині буде детально описано та розглянуто таку важливу складову пристрою розробленого маніпулятора, як ядро на базі мікроконтролера ATmega328P.

При розробці будь-якого пристрою використовуючи такий МК є необхідність дотримання вимог щодо пам'яті, зберігаючи баланс між ефективністю та функціональністю, враховуючи обмеження по кількості доступних портів та інтерфейсів. Мікроконтролер має зовнішній кварцовий резонатор на 16 МГц, що забезпечує йому відповідну частоту.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Даний модуль включає у собі основний елемент - мікроконтролер АТmega, який має низьке енергоспоживання та використовується в малогабаритних пристроях, а також здатний забезпечити взаємодію як НІD-пристрій, що робить можливим його використання для роботи з ПК.

На рис. 3.9. зображено електричну-принципову схему ядра пристрою.

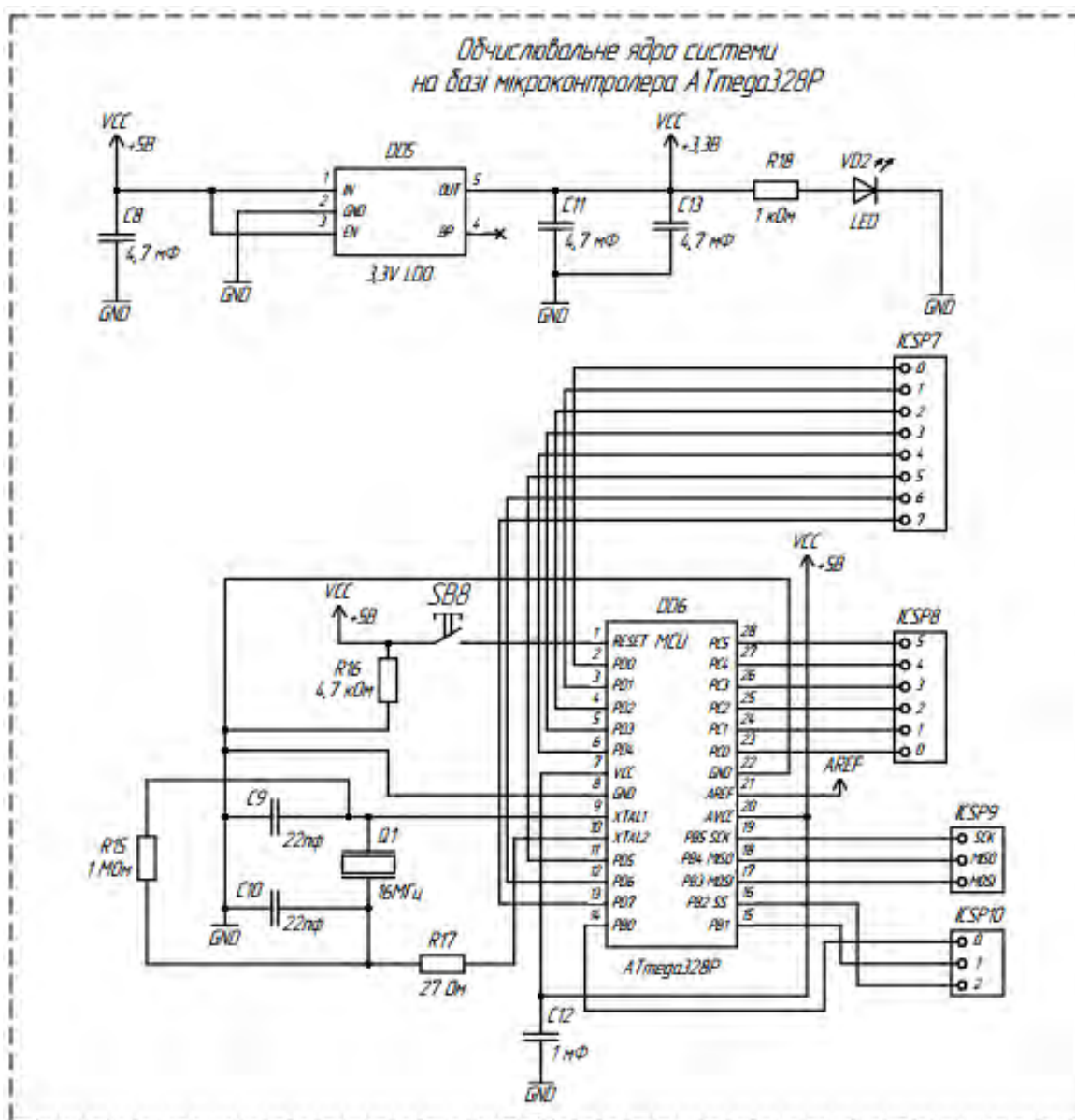


Рис. 3.9. Електрична-принципова схема модуля ядра пристрою

До базової схеми ядра входить також частина забезпечення та підтримки оптимального рівня напруги 5В та 3,3В, містить індикатор, що відображає стан роботи модуля, містить кнопку перезавантаження (скидання). Також містить усі необхідні для роботи зовнішні інтерфейси, такі як I²C, SPI, UART. Має USB-інтерфейс для підключення до ПК. Розглянемо детальніше сутність цих інтерфейсів.

ІС (I²C) - це інтерфейс, який був розроблений фірмою Philips, та є двонаправленою шиною з послідовним форматом передачі даних і можливістю адресації. Шина здатна забезпечити паралельне підключення до 128 пристроїв одночасно [9]. Інтерфейс представлений двома лініями, одна з яких SCL (Serial Clock), яка призначена для передачі тактового сигналу, а друга SDA (Serial Data) - для передачі даних [9]. На рис. 3.10 зображено схематичне представлення роботи цього інтерфейсу.

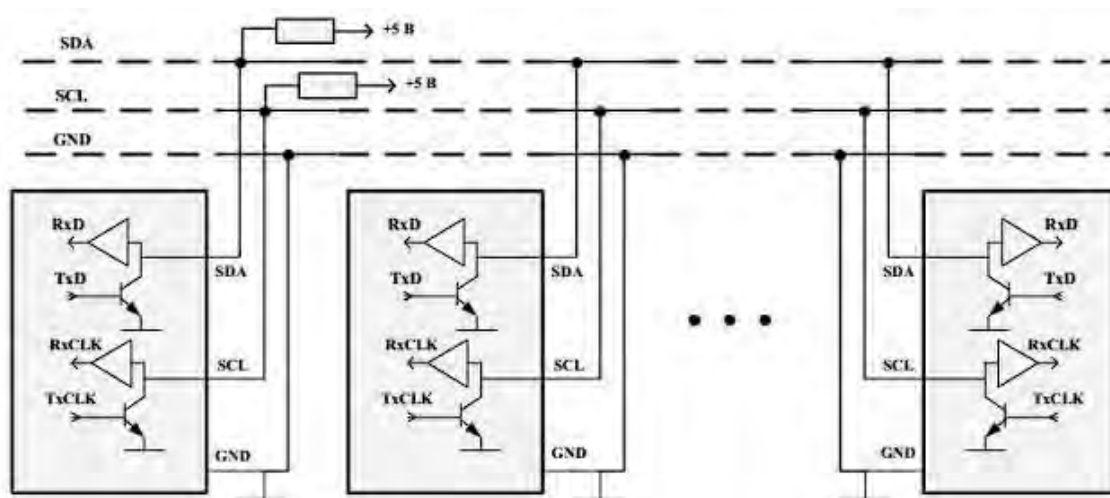


Рис. 3.10. Паралельне підключення пристроїв в шині [9]

Довжина з'єднувальної лінії може досягати двох метрів, а швидкість передачі даних до 100 кбіт/с. Також існує розширений варіант з швидкістю передачі даних до 400 кбіт/с. Всі пристрої інтерфейсу поділяються на два класи, а саме: керуючі (Master) та підлеглі (Slave). Master генерує тактовий сигнал (SCL) і, відповідно являється керуючим пристроєм [9].

Інтерфейс SPI (Serial Peripheral Interface) - являється послідовним периферійним інтерфейсом, який призначений для передачі даних між одним керуючим (Master) та одним підлеглим (Slave) пристроєм. Master створює тактові сигнали SCK (Serial Clock), по яким одночасно проходить передача на виході MOSI (Master Out Slave In) та приймання даних на вході MISO (Master In Slave Out) [9]. Також зазначається, що в даному інтерфейсі наявна можливість підключення декількох пристроїв шляхом активації підлеглому пристрою. Схематичне представлення роботи даного інтерфейсу показано на рис. 3.11.

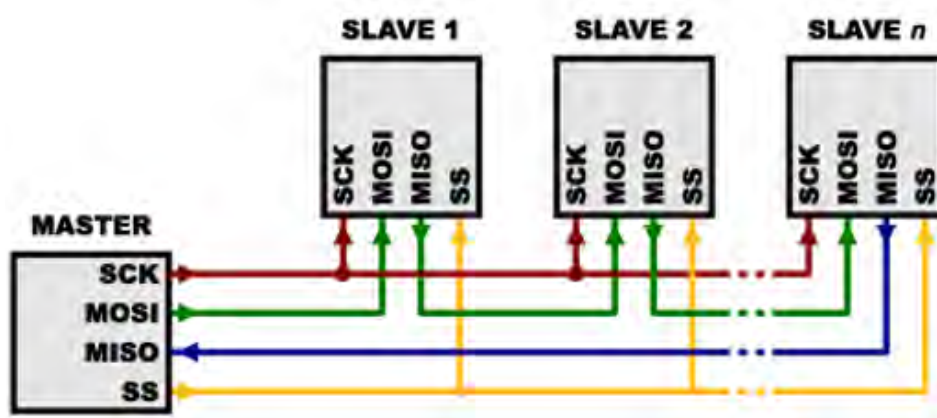


Рис. 3.11. З'єднання багатьох пристроїв в інтерфейсі SPI [9]

Даний інтерфейс використовується не тільки для передачі даних між мікроконтролерами, а і для підключення до зовнішніх АЦП, ЦАП, мікросхем пам'яті SRAM, FRAM, а також підтримує SD карти пам'яті [9].

Останній інтерфейс, що буде розглянутий це UART, або RS-232. Цей інтерфейс був розроблений для підключення периферії до ПК. Дані передаються по двом каналам - RxD (прийом) та TxD (передача). Через те, що інтерфейс має не складні алгоритми та можливість двосторонньої передачі даних він широко використовується, як стандартний послідовний інтерфейс передачі даних між різними пристроями. Мікроконтролери сімейства AVR, ARM, PIC та багато інших містять вбудовану апаратну реалізацію цього інтерфейсу[9].

Даний модуль є ключовим елементом розробленого пристрою, так як він відповідає за керування усіма процесами, забезпечення взаємодії між іншими модулями, зберігає дані про всі процеси, виконує первину обробку даних, перемикає режими роботи та забезпечує роботу інших функцій.

У результаті буде утворено систему, яка складена з декількох модулів, що об'єднані в одному корпусі (див. рис. 3.12).

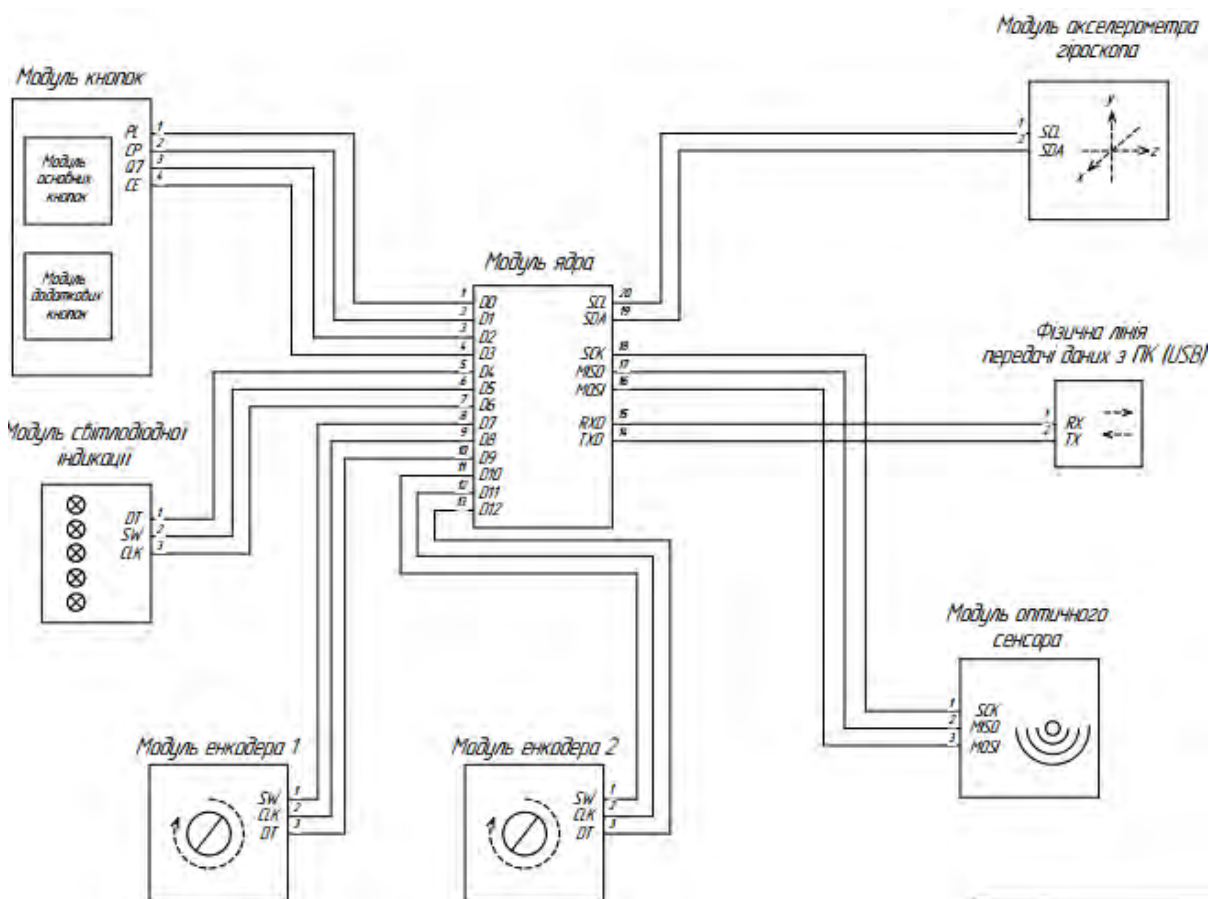


Рис. 3.12. Схема об'єднання модулів у цілісну систему

Дана схема демонструє виведені інтерфейси кожного з модулів, та показує спосіб підключення до ядра. Схема не є електричною принциповою, так як її призначенням є виключно демонстрація остаточного варіанту структуру пристрою-маніпулятора.

3.8. Розрахунок загальної потужності модулів

У цій частині розділу буде виконано розрахунок та аналіз споживаної потужності складових модулів та усієї системи в цілому. Розраховане значення споживаної потужності пристрою є дуже важливим параметром, який необхідно враховувати при побудові пристроїв, зокрема тих які живляться від порту USB.

Результат прямо вказує чи можна використовувати спроектований пристрій для роботи з живленням через порт USB, так як він здатний забезпечити обмежені показники струму та напруги, що і визначає максимальну споживану потужність.

Щоб розрахувати потужність кожного окремого модуля, можна використовувати формулу:

$$P = U \cdot I \quad (3.1)$$

де

P - потужність в ватах (Вт);

U - напруга в вольтах (В);

I - струм в амперах (А).

Для розрахунку необхідно знати значення напруги для кожного модуля, але також це значення може бути вже відомим, так як використовуються і стандартні модулі.

Загальна потужність системи розраховується таким чином:

$$P_{заг} = P_1 + P_2 + \dots P_n \quad (3.2)$$

$P_1, P_2 \dots P_n$ - значення потужності кожного модуля системи.

Розрахуємо приблизну потужність кожного модуля, який знаходиться у системі, після чого визначимо загальну. Першим модулем для розрахунку буде модуль світлодіодної індикації для п'яти світлодіодів на базі регістра зсуву 74НС595.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Регістр 74НС595 зазвичай споживає досить малий струм, що є типовим для таких логічних компонентів. Його потужність буде приблизно становити:

$$P_{74HC595} = U \cdot I = 5 \cdot 0,005 = 0,025 \text{ (Вт)}$$

Потужність одного світлодіода становить приблизно 0,1 Вт, що є типовим показником для більшості світлодіодів. Але варто зазначити, що в залежності від кольору та яскравості світлодіоду потужність може відрізнятись.

Визначимо загальну потужність такого модуля:

$$P_{інд} = P_{74HC545} + (P_{LED} \cdot 5) = 0,025 + (5 \cdot 0,1) = 0,525 \text{ (Вт)}$$

Дане значення споживаної потужності є оптимальним для такого модуля, але варто використовувати світлодіодну індикацію раціонально для пристроїв які повинні мати незначну потужність.

Наступним етапом визначимо споживану потужність модуля енкодера, яких у системі два. Модуль має у своєму складі обмежувальні резистори на 10 кОм та сам енкодер, живитися від 5В та має дуже низьке значення споживаного струму.

$$P_K = U \cdot I = 5 \cdot 0,0005 = 0,0025 \text{ (Вт)}$$

Відповідно будемо мати наступне значення потужності для одного модуля енкодера:

$$P_{енкодер} = 3 \cdot 0,0025 = 0,0075 \text{ (Вт)}$$

Вказане значення потужності є оптимальним та допустимим для такого типу модуля.

Модуль ADNS-3050 має такі основні параметри як:

- 1) робоча напруга 3,3 В;
- 2) середній струм споживання:
 - 9 мА в активному режимі;
 - 1,4 мА в режимі очікування;
 - 85 мкА в режимі сну.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Відповідно визначимо споживану потужність модуля в кожному режимі його роботи:

Активний режим роботи:

$$P_{opt_акт} = 3,3 \cdot 0,009 = 0,0297 \text{ (Вт)}$$

В режимі очікування:

$$P_{opt_очік} = 3,3 \cdot 0,0014 = 0,00462 \text{ (Вт)}$$

В режимі сну:

$$P_{opt_сон} = 3,3 \cdot 0,000085 = 0,0002805 \text{ (Вт)}$$

Варто зазначити, що для розрахунку загальної потужності пристрою буде раховуватися саме активний режим роботи, так як важливо визначити максимальне значення споживання потужності.

Насутнім модулем є акселерометр-гіроскоп MPU6050. Основні показники даного модуля наступні:

- 1) робоча напруга 3,3 В (може працювати в діапазоні від 2,375 В до 3,46 В);
- 2) середній струм споживання:
 - 3,9 мА в активному режимі;
 - 8 мкА в режимі сну.

Розрахуємо показники споживаної потужності у кожному режимі роботи модуля.

Потужність в активному режимі:

$$P_{MPU_акт} = 3,3 \cdot 0,0039 = 0,01287 \text{ (Вт)}$$

Потужність в режимі сну:

$$P_{MPU_сон} = 3,3 \cdot 0,000008 = 0,0000264 \text{ (Вт)}$$

Дані показники знаходяться в допустимих межах для того, щоб забезпечити оптимальні показники енергоефективності.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Також у системі присутній модуль кнопок на базі регістра 74НС165, до якого підключено 7 тактових кнопок, а також наявні 7 резисторів на 4,7 кОм. Модуль живитися від 5В.

Потужність такого модуля можна визначити, як:

$$P_{\text{кноп}} = \frac{5^2}{4,7 \cdot 10^3} \cdot 7 = 0,0372 \text{ (Вт)}$$

Розрахований показник споживаної потужності є оптимальним для такого типу модуля.

Модуль ядра на базі МК АТМega328Р живитися від 5В та може мати значення споживаного струму до 50 мА, але значення може відрізнятись у залежності від навантаження.

Даний модуль може працювати в активному режимі та споживати приблизно 0,25-0,3 Вт, але в режимі сну ця потужність знижується.

Тепер визначимо загальну потужність системи вцілому:

$$\begin{aligned} P_{\text{загал}} &= P_{\text{інд}} + 2 \cdot P_{\text{енк}} + P_{\text{опт}} + P_{\text{МРУ}} + P_{\text{кноп}} + P_{\text{ядро}} = \\ &= 0,525 + 0,015 + 0,0297 + 0,01287 + 0,0372 + 0,3 = 0,91977 \text{ (Вт)} \end{aligned}$$

Згідно розрахунку можна зазначити, що орієнтовний показник споживаної потужності становить 0,91977 Вт. Цей показник є прийнятним, так як порт за стандартом USB2.0 здатний забезпечити до 500 мА при 5В, що становить 2,5 Вт, але варто зазначити що у більшості сучасних пристроях використовується порт USB3.0, який здатний забезпечити до 900 мА при 5В, що становить 4,5 Вт.

Також варто визначити, що орієнтовний показник загального споживаного струму становить 130,11 мА, що також не перевищує значення 500 мА для USB2.0 та 900 мА USB3.0.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

3.9. Висновки до розділу 3

У цій частині роботи було детально розглянуто та описано електричну принципову схему розробленого пристрою-маніпулятора типу миші. Розглянуто всі модулі системи, їх призначення, особливості, а також реалізацію.

Було детально розглянуто кожен модуль окремо, з поясненням щодо доцільності їх впровадження, враховуючи особливості роботи, поставлених вимог до точності, надійності та функціональності. Кожен модуль розроблений з врахуванням вимог щодо розділення функціональних призначень, єдиного обов'язку, взаємозамінності складових елементів системи тощо.

Розроблена електрична принципова схема повністю відповідає поставленим вимогам та концепції. Здатна забезпечити оптимальний рівень роботи пристрою та взаємодії з ПК.

Також було проведено розрахунки потужності кожного окремого модуля та усієї системи маніпулятора загалом. В результаті розрахунку було отримано приблизний показник максимальної споживаної потужності 0,91977Вт, що є нормальним показником для забезпечення роботи через USB-порт.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

4 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ МАНІПУЛЯТОРА

4.1. Базові аспекти розробки програмного забезпечення

На початку виконання розробки та проектування апаратного програмного забезпечення для миші маніпулятора необхідно описати сутність процесу розробки ПЗ та його ключові етапи.

Класичною моделлю процесу розробки ПЗ є водоспадна (каскадна) модель, яка належить до моделей послідовного виконання стадій. У межах водоспадної моделі процес розробки зображується у вигляді послідовності наступних фаз [5, 10-14]:

- 1) аналіз вимог - полягає у збиранні вимог до продукту. Результатом аналізу є як правило деякий текст;
- 2) проектування - описує внутрішню структуру продукту. Звичайно такий опис робиться у вигляді діаграм та текстів;
- 3) реалізація завдання - програмування (кодування). Результатом є програмний код;
- 4) інтеграція - процес збирання ПП із окремих частин;
- 5) тестування.

Всі вище перелічені етапи є ключовими у процесі розробки будь-якого програмного забезпечення, і дотримання їх послідовності є дуже важливим. Але кожен з цих загальних етапів може містити декілька під етапів, які деталізують виконання кожного пункту.

Деталізований послідовний процес розробки програмного забезпечення складається з наступних фаз [5]:

- 1) концептуальний аналіз (визначення загальних принципів застосування);
- 2) об'єктно-орієнтований аналіз (виділення ключових класів);

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

- 3) проектування;
- 4) реалізація;
- 5) компонентне тестування;
- 6) інтеграція;
- 7) системне тестування;
- 8) супровід.

Варто зазначити, що у програмуванні частіше всього використовується не послідовний підхід до розробки, а зі зворотними зв'язками.

Суть використання такого підходу в тому, що програмне забезпечення у більшості випадків не може бути повністю та ідеально виконане на одному етапі без можливості повернутися на минулий.

Після виконання певного етапу відбувається перехід на інший, і у момент необхідності, наприклад виявлення помилки чи виявлення можливості оптимізації на етапі тестування чи рефакторингу, відбувається повернення на етап написання функціоналу чи інших частин ПЗ. Таким чином існує можливість доопрацювання.

Також на етапі проектування ПЗ виконується аналіз вимог до програмного продукту в результаті чого створюється спеціальний документ, який має назву специфікація. Ці вимоги включаються різні функціональні та експлуатаційні особливості.

Функціональні вимоги описують сервіси, які надає система, її поведінку у відповідних ситуаціях, реакцію на ті чи інші вхідні дані та дії, яка система дозволяє виконувати користувачам. Функціональні вимоги документуються у SRS. Бажаним є використання формальної мови при формулюванні функціональних вимог [5].

Відповідно такий документ з описом функціональних особливостей включає наступний перелік пунктів [5]:

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

1) опис зовнішнього інформаційного середовища, з яким буде взаємодіяти ПЗ. Мають бути описані усі канали вводу-виводу та всі інформаційні об'єкти, а також зв'язки між ними;

2) визначення функцій ПЗ, визначених на множині станів інформаційного середовища. Вводяться позначення усіх функцій, визначаються їх вхідні дані та результати виконання, з вказівкою їх типів та всіх необхідних обмежень;

3) опис надзвичайних ситуацій, які можуть виникнути при виконанні програми і реакцій на них, які має забезпечити виконуване ПЗ.

Після виконання всіх підготовчих робіт, написання усіх відповідних документів, специфікацій, які описують процес розробки, функціональність, технічні аспекти, цільове призначення та інших, починається безпосередній етап написання програмного коду.

4.2. Постановка технічного завдання до розробки апаратного програмного забезпечення системи маніпулятора

Розробка апаратного програмного забезпечення для системи миши-маніпулятора є досить складним процесом, який вимагає чіткої постановки технічного завдання. Це завдання визначає вимоги до функціональності, продуктивності, сумісності, надійності тощо. У цій частині роботи детально розглянемо аспекти постановки технічного завдання.

1) Вимоги до функціональності маніпулятора:

- впровадження обробника кнопок - система повинна забезпечувати швидкий відгук кнопки по натисканню, а також надавати можливість персоналізації функціонального призначення кожної доступної кнопки зі збереженням даних;

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

- впровадження обробника енкодера - система повинна містити обробник, який буде забезпечувати оптимальну швидкість реакції на зміну положення енкодера, зокрема мати можливість налаштування їх функціонального призначення;

- впровадити підсистему обробки даних з оптичного датчика - дана підсистема повинна забезпечувати оптимальні показники швидкодії та передачі даних на ПК. Можливе впровадження системи переривання;

- впровадити обробник даних з акселерометра-гіроскопа - необхідно забезпечити оптимальну систему зчитування даних з датчика, обробки та конвертації отриманих значень. Впровадити систему керування та взаємодії на основі даних з датчика, включно з захисними функціями;

- впровадити систему індикації - важливо впровадити динамічну систему індикації, яка може бути індивідуально налаштованою, а також такою яка може використовуватися як індикатор показників самого маніпулятора, вказувати на режими роботи або виконувати функцію підсвітки.

2) Вимоги до продуктивності:

- важливо забезпечити достатньо високі показники швидкодії системи для миттєвого реагування на дії користувача, зокрема це стосується оптичного сенсора (враховуючи максимальні та мінімальні показники швидкодії обраного сенсора);

- мінімізувати затримку обробки сигналів з сенсорів та кнопок;

- впровадити систему оптимізації споживання енергії для тривалої роботи пристрою без необхідності частого заряджання (для маніпулятора з власними джерелом живлення), або для загальної економії споживання енергоресурсів.

3) Вимоги до сумісності:

- важливо забезпечити сумісність з основними операційними системами, такими як Windows, macOS та Linux;

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

- забезпечити підтримку стандартних інтерфейсів зв'язку, зокрема USB для прямого фізичного зв'язку або Bluetooth для дистанційної системи передачі даних;

- важливо розробити драйвер для забезпечення взаємодії з операційними системами та спеціалізованим програмним забезпеченням. Також драйвер є важливим для впровадження можливості персоналізації функціональних можливостей маніпулятора.

4) Вимоги до надійності та безпеки:

- забезпечення стабільної роботи пристрою в умовах використання високої інтенсивності;

- впровадження механізмів та алгоритмів захисту від можливих помилок, виключень чи збоїв;

- впровадження функцій автоматичного збереження налаштувань та профілів користувача.

4.3. Побудова та аналіз блок-схеми алгоритму роботи програми

У цій частині роботи розглянемо базовий узагальнений алгоритм роботи системи маніпулятора для ПК.

Блок-схемою [10] є графічне представлення алгоритму або процесу, що відображає послідовність дій, які потрібно виконати для досягнення результату, або виконання задачі. Блок-схеми складаються з різних позначень та символів, таких як прямокутники, ромби, паралелограми тощо, і ці блоки поєднані між собою стрілками які вказують на послідовність виконання етапів, а у середині блоків вказується їх призначення.

Для системи маніпулятора передбачається декілька ключових етапів, а саме: початкова ініціалізація усіх складових модулів, основний етап роботи та завершення роботи.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Початкова ініціалізація є процесом встановлення початкових значень або станів, апаратних компонентів або програмного середовища перед початком виконання основної програми. У програмуванні, ініціалізація включає в себе підготовку середовища, ресурсів та компонентів, які будуть використовуватися програмою у процесі своєї роботи.

На рисунку 4.1 продемонстровано перша частина етапу ініціалізації, а саме підсистеми індикації та оптичного сенсора.

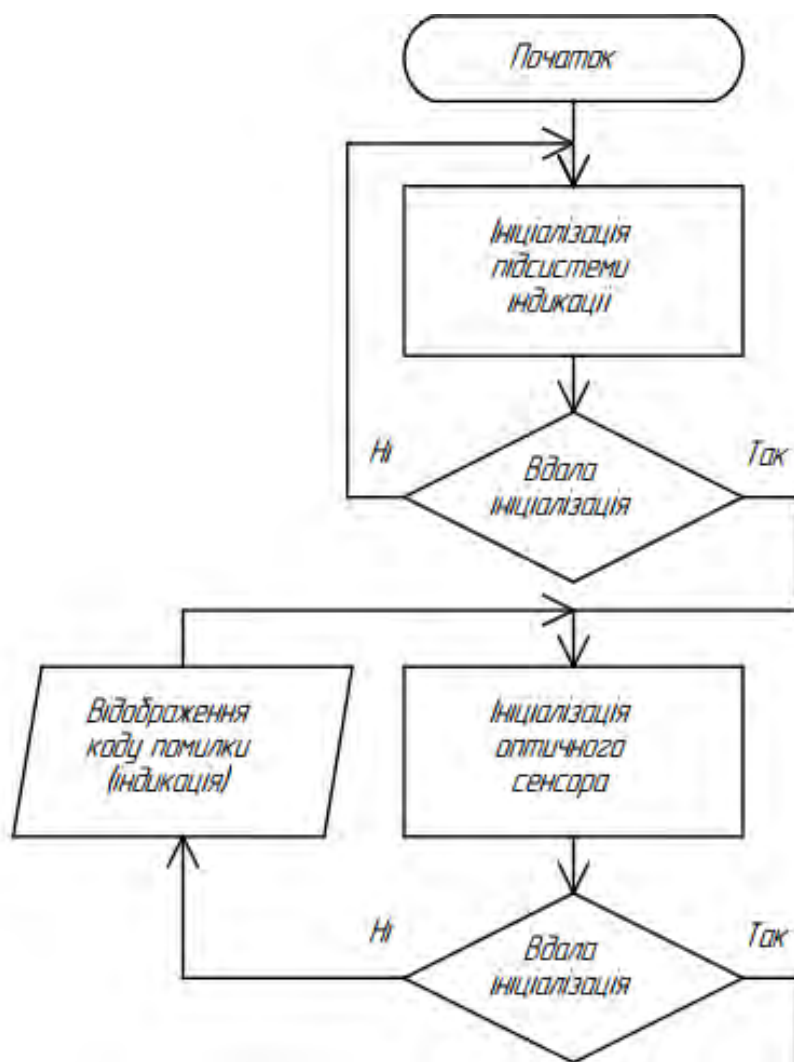


Рис. 4.1. Етап ініціалізації індикації та оптичного сенсора

Першим пунктом є ініціалізація підсистеми індикації, і якщо модуль справний то алгоритм переходить на наступний пункт ініціалізації. Було обрано

першим етапом саме індикацію, так як її можна використовувати як спосіб сповіщення про помилку ініціалізації або роботи модуля.

Наступним етапом є ініціалізація модуля оптичного сенсора. У випадку невдалої ініціалізації виконується повторна спроба, але при цьому індикатор вказує на певну помилку.

Завдяки використанню декількох світлодіодів у системі індикації є можливість відображати кожен тип помилки індивідуально, що спрощує пошук несправного модуля або підсистеми.

На наступному рисунку 4.2 продемонстровано етапи ініціалізації модуля MPU6050 та модуля кнопок.

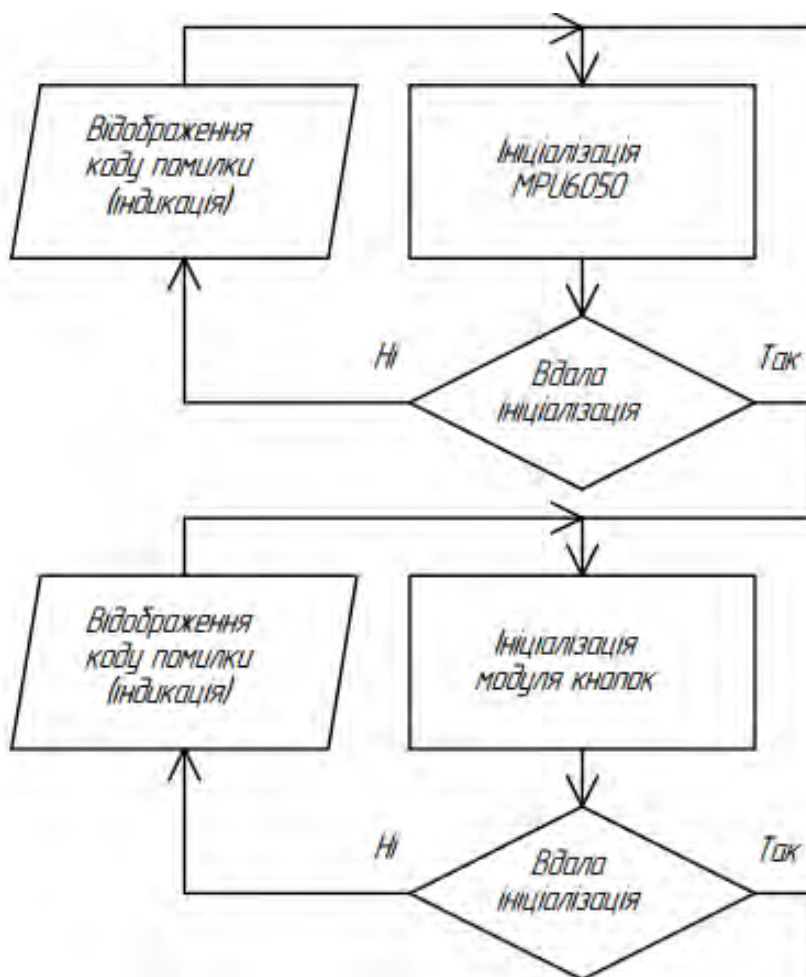


Рис. 4.2. Етап ініціалізації модулів MPU6050 та кнопок

Цей етап повторює попередні, але виконує ініціалізацію модуля акселерометра-гіроскопа MPU6050. Ініціалізація передбачає початкове налаштування параметрів модуля та його запуск. Відповідно, якщо у процесі ініціалізації відбулась помилка то індикація вкаже на цей модуль. Після відбувається ініціалізація модуля кнопок.

На наступному рисунку 4.3. показано останній етап ініціалізації.

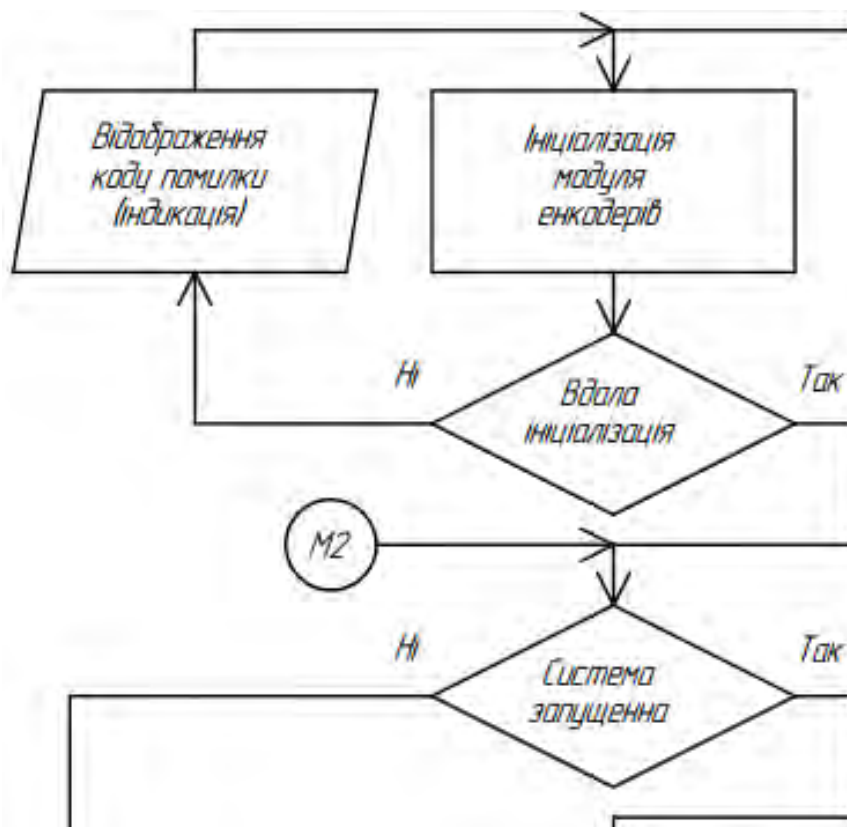


Рис. 4.3. Ініціалізація модулів енкадера та початок роботи основної частини

Останнім етапом ініціалізації є налаштування модулів енкадера, після чого відбувається перевірка на початок роботи основної програми. Етап ініціалізації є дуже важливим, так як він дозволяє правильно налаштувати всю систему та забезпечити стабільну подальшу роботу.

Також будь-яка програма повинна окрім точки входу, мати точку виходу, щоб здійснити вдале завершення циклу роботи. Відповідно саме тому було додано перевірку на запуск основного циклу.

На наступному рисунку 4.4. продемонстровано обробники оптичного сенсора та акселерометра-гіроскопа.

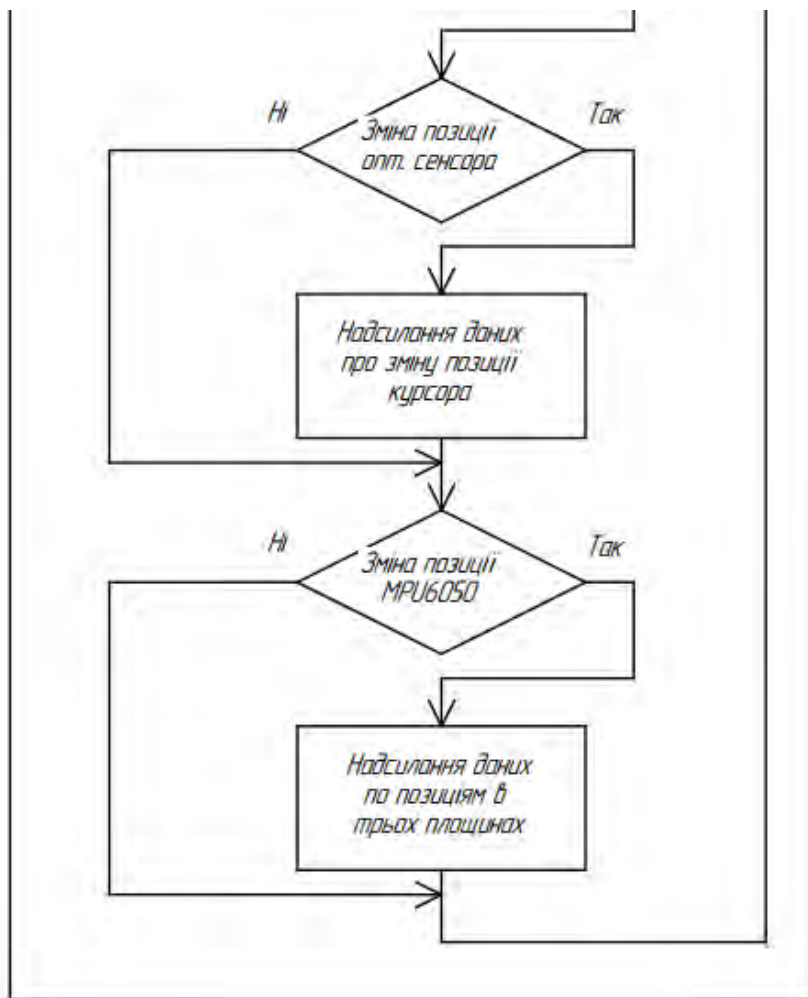


Рис. 4.4. Обробники оптичного сенсора та акселерометра-гіроскопа

Основний цикл виконуєть постійно, до тих пір поки умова запуску є дійсною. В основному циклі знаходять обробники даних які надходять з модулів, і працюють вони тільки у тому випадку, коли це є необхідним.

Обробник - це спеціалізована функція або процедура, яка відповідає за обробку певних подій, сигналів, повідомлень чи виконання інших задач. Обробники є дуже важливими елементами програмного забезпечення, які дозволяють системі реагувати на різні вхідні дані або події у визначений спосіб.

Можна описати декілька видів обробників:

1) обробники подій - використовуються для обробки певного процесу, наприклад натисків кнопок, зміни позиції, введення даних тощо;

2) обробники переривань - використовуються у системному програмуванні для обробки переривань від апаратного забезпечення. Обробник переривання виконується у той момент, коли виникає певна визначена подія, обробка якої має високий пріоритет, і тому виконується тоді, коли виникає при цьому зупиняючи основний цикл програми, а після виконання обробника повертається на етап де зупинився основний цикл;

3) обробник винятків - використовуються для обробки виключних ситуацій або помилок, які можуть виникати у процесі виконання програми. Цей тип обробників є дуже важливими, так як вони забезпечують стабільну роботу програми незалежно від ситуацій які можуть виникати.

Обробники також мають загальні принципи роботи:

1) опис функції обробника - обробник повинен містити функціонал, зазвичай у вигляді конкретної функції або методу, який буде викликатися у визначений момент;

2) реєстрація обробника - обробник повинен бути зареєстрований у системі, щоб вона могла знати коли відбудеться подія, або виникне умова;

3) виконання обробника - у момент, коли відбувається визначена подія обробник повинен виконуватися, тобто запускається функція;

4) завершення роботи - після виконання функції обробник повертає контроль програмі або системі, яка продовжує свій основний цикл.

Обробники є ключовими компонентами в побудові надійних програмованих систем, забезпечуючи гнучкість у реакції на зовнішні та

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

внутрішні події. Вони дозволяють програмам адаптувати свою поведінку залежно від подій, що виникають під час виконання програми.

На наступному рисунку 4.5 продемонстрована частину алгоритму з обробником натиску кнопок та енкодерів.

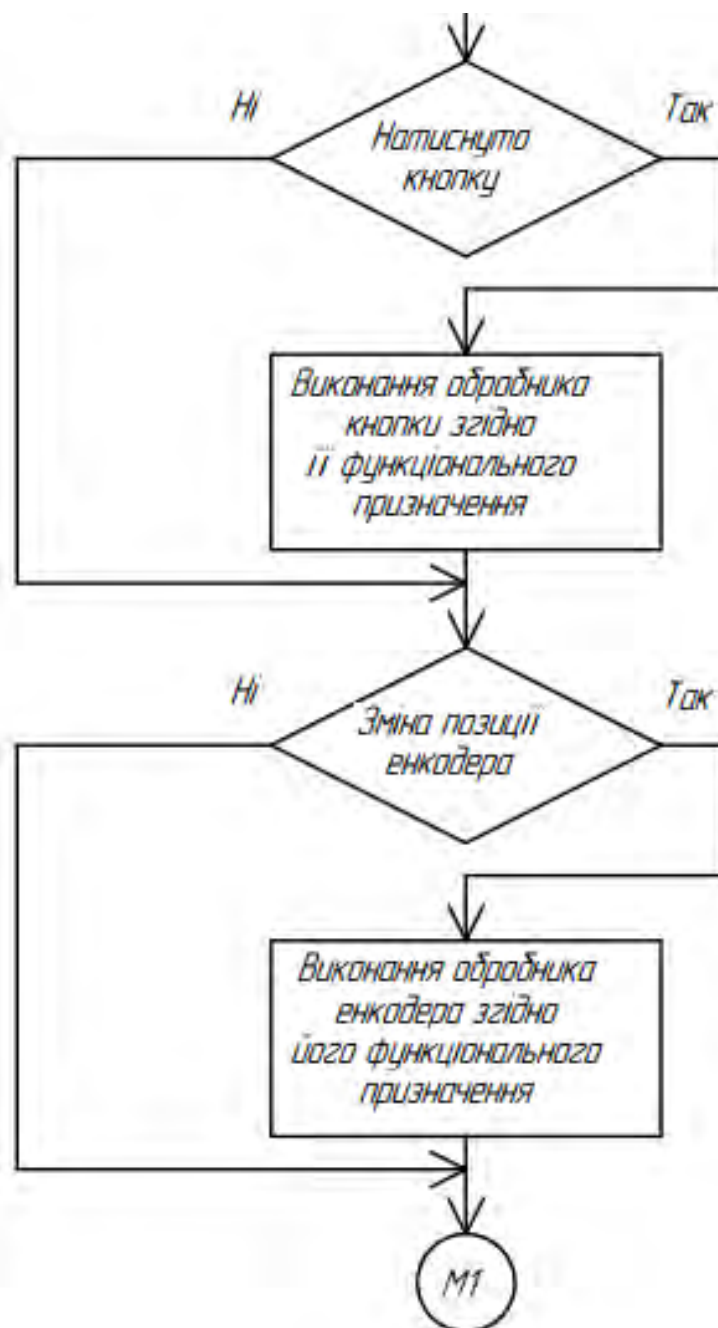


Рис. 4.5. Обробники кнопок та енкодера

Ці функції забезпечують обробку сигналів від відповідних кнопок та енкодерів Ці обробники забезпечують обробку сигналів від відповідних модулів, дозволяючи системі реагувати на користувацькі дії та взаємодіяти з іншими компонентами системи.

Після завершення основного циклу програми вона повертається на початок циклу, що показано мітками переходу M1 - M2.

На рисунку 4.6 нижче показано перелік функцій, які виконуються у момент завершення роботи програми.



Рис. 4.6. Частина алгоритму завершення основного циклу програми

У момент завершення циклу виконується збереження даних налаштувань (профілів), закриття підключень до зовнішніх модулів, очищення ресурсів тощо, що є важливим для коректного завершення роботи системи.

4.4. Висновки до розділу 4

У цьому розділі було наведено повний опис процесу розробки програмного забезпечення та проведено детальний аналіз розробленого алгоритму роботи системи маніпулятора для ПК.

Було описано такі аспекти як:

1) основні етапи розробки програмного забезпечення, зокрема системного. Також розглянуто питання створення відповідної технічної документації;

2) описано технічне завдання до розробки апаратного програмного забезпечення системи маніпулятора. Визначено перелік функціональних та нефункціональних вимог;

3) розглянуто основні етапи роботи базового алгоритму програмного забезпечення маніпулятора. Описано етап ініціалізації, основний цикл, а також етап завершення роботи програми. Також розглянуто питання використання функцій-обробників.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

ВИСНОВКИ

У цій роботі було розглянуто питання розробки автоматизованої системи миші-маніпулятора для роботи зі спеціалізованим програмним забезпеченням.

Пояснювальна записка до роботи включає наступні частини:

- розгляд загальних аспектів питання розробки спеціалізованих маніпуляторів. Описано поняття автоматизації процесів керування, виконано аналіз існуючих пристроїв та систем, розглянуто ключові технічні складові та підсистеми пристрою. Розглянуто загальні аспекти програмного забезпечення пристрою, а також питання забезпечення взаємодії між ним та персональним комп'ютером;

- було розроблено та описано базову структуру пристрою-маніпулятора. У цій частині було розроблено схему принципу роботи та структури пристрою, описано вимоги до функціональних блоків системи, а також таке важливе питання як забезпечення модульності системи. Також було створено концепт пристрою;

- розроблено та описано електричну принципову схему системи. Наведено базовий опис в цілому, а також описано кожен функціональний модуль, а саме: модуль кнопок, світлодіодної індикації, енкодерів, оптичного сенсора, акселерометра-гіроскопа та центрального ядра. Виконано розрахунок споживаної потужності кожного модуля та системи загалом. Визначено що система приблизно може споживати до 0,92 Вт, що є оптимальним показником для роботи через USB-порт стандартів 2.0 та 3.0;

- було проведено розробку апаратного програмного забезпечення. У процесі було розглянуто основні аспекти розробки програмного забезпечення, виконано постановку технічного завдання до розробки а також аналізовано складену блок-схему алгоритму роботи програми. Описано сутність використання функцій-обробників.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ

1. М.С. Пушкар, С.М. Проценко. Проектування систем автоматизації [Текст]: навч. посібник. Національний гірничий університет, 2013. – 268 с.;
2. Енкодери. [Електронне джерело] режим доступу: <https://stud.com.ua/176864/tehnika/enkoderi>;
3. Ю.К. Поліщук, С.С. Жуковський. Передача даних в реєстр зсуву. Тези доповідей II Міжнародної науково-технічної конференції «Комп'ютерні технології: інновації, проблеми, рішення – 2017»; Житомир, 18 жовт. 2017 р. URI: <http://eztuir.ztu.edu.ua/123456789/7235>;
4. М. Деркач. Альтернативний метод роботи з датчиком MPU-6050 на шині даних I2C [Електронний ресурс]. Вісник НТУ «ХПІ» Серія «Інформація та моделювання». – 2020. – № 2 (4). – Режим доступу: <https://doi.org/10.20998/2411-0558.2020.02.09>;
5. В.М. Коцовський. Технологія програмування та створення програмних продуктів: Методичний посібник для студентів спеціальності "Інженерія програмного забезпечення", "Комп'ютерні науки та інформаційні технології" - Ужгород: Видавництво УжНУ "Говерла", 2016. - 83 с.;
6. М.О. Соболев, Н.Ю. Любченко, Ю.В. Паржин, Р.В. Пугачов. Основи програмування на C/C++ в прикладах. Частина 1: навч.-метод. посібник - Харків : НТУ "ХПІ", 2021. – 113 с.;
7. Redragon [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.redragonzone.com/>;
8. 3Dconnexion DK SpaceMouse [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://3dconnexion.com/dk/spacemouse/>;
9. Ю.К. Поліщук, Т.А. Вакалюк. Інтерфейси передачі даних. Інформаційно-комп'ютерні технології – 2018. Секція 6. Радіотехніка та телекомунікації. 20 квітня 2018 р. С. 219-221;

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

10. Т.А. Ліхоузова. Теорія алгоритмів. Методичні вказівки до практичних робіт. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 27 с.;

11. Т.В. Рудий, Я.С. Паранчук, В.В. Сенік. Алгоритмізація та програмування. Частина 1. Структурне програмування : навчальний посібник. Львів : Львівський державний університет внутрішніх справ, 2023. 240 с.;

12. М.О. Соболев, Н. Ю. Любченко, А.В. Івашко, Ю.В. Паржин, Р.В. Пугачов. Основи програмування на С/С++ в прикладах. Частина 2: навч.-метод. посібник. Харків : НТУ "ХПІ", 2022. – 200 с.;

13. Рисований О. М. Системне програмування [Текст]: підручник для студентів напрямку “Компютерна інженерія” вищих навчальних закладів в 2-х томах. Том 2. - Видання четверте: виправлено та доповнено – Х.: “Слово”, 2015 – 368 с.;

14. С.М. Цирульник, О.Д. Азаров, Л.В. Крупельницький, Т.І. Трояновська. Програмування мікроконтролерів AVR : [навчальний посібник]. Вінниця : ВНТУ, 2018. – 111 с.;

15. В.В. Карташов. Посібник з лекцій із дисципліни «Автоматизовані системи керування технологічними процесами» напрям підготовки 6.050202«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 148 с.;

16. А.К. Бабіченко, М.О. Подустов, І.Л. Красніков, О.Г. Шутинський, І.Г. Лисаченко. Технічні засоби автоматизації : навч.-метод. Посібни. Х.: НТУ «ХПІ», 2021. – 217 с.;

17. І. Ш. Невлюдов, А. О. Андрусевич, О. І. Филипченко та ін. Технічні засоби автоматизації : підручник. Кривий Ріг : Криворізький коледж НАУ, 2019 р. – 366 с.;

18. М.С. Пушкар. Проектування систем автоматизації [Текст]: навч. посібник. Національний гірничий університет, 2013. – 268 с.

					<i>ДПБ ПМ01.12.01.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

ДОДАТКИ

Поз. познач.	Найменування	Кіл.	Примітка
<small>C1,C4, C6 C8, C11,C13,C14</small>	Конденсатор 4,7 мФ	7	
C2	Конденсатор 0,01 мФ	1	
C3,C5	Конденсатор 0,1 мФ	2	
C7	Конденсатор 2200 пФ	1	
C9,C10	Конденсатор 22 пФ	2	
C12, C17	Конденсатор 1 мФ	2	
C15	Конденсатор 100 нФ	1	
C16	Конденсатор 20 пФ	1	
DD1,DD	Енкодер PEC12R-4230F-S0024	2	
DD3,DD	Стабілізатор напруги 3,3В LDO	2	
DD3	Акселерометр-гіроскоп MPU-6050	1	
DD6	Регістр зсуву (на введення) 74НС165	1	
DD7	Мікроконтролер АТмега328Р	1	
DD8	Оптичний сенсор ADNS-3050	1	
DD9	Регістр зсуву (на виведення) 74НС595	1	
Q1	Кварцовий резонатор 16 МГц	1	
R1-R6	Резистор 10 кОм	6	
<small>R7-R9, R16 R13,R14,R11-R14</small>	Резистор 4,7 кОм	11	
R10,R18	Резистор 1 кОм	2	
R15	Резистор 1 МОм	1	
R17	Резистор 27 Ом	1	
R19-R23	Резистор 220 Ом	5	
R24	Резистор 27 Ом	1	

					ДПБ ПМ01.12.000 ПЕЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розроб.	Михальчук				Миша-маніпулятор для ПК. Схема електрична принципова. Перелік елементів.	Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Начай С.О.						1	2
Н. Контр.						ПБФ, «КПІ ім. Ігоря Сікорського»		
Затверд.								

