

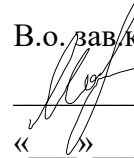
**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

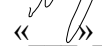
Радіотехнічний факультет

Кафедра прикладної радіоелектроніки

До захисту допущено:

В.о. зав.кафедри

 Андрій МОВЧАНЮК

«» 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньою програмою «Інтелектуальні технології
мікросистемної радіоелектронної техніки»**

за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

на тему: «Маніпулятор керований м'язами (прототип протезу)»

Виконав:

студент IV курсу, групи PI-91

Пархоменко Богдан Олександрович

Прізвище, ім'я, по батькові



Керівник: к.т.н. доцент Адаменко Юлія Федорівна

Посада, науковий ступінь, вчене звання,

Прізвище, ім'я, по батькові



Рецензент _____

Посада, науковий ступінь, вчене звання,

Прізвище, ім'я, по батькові

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

Студент 

Київ – 2023 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4	PI91.421322.001ТЗ	Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	PI91.421322.001ПЗ	Пояснювальна записка	42	
3	A4	PI91.421322.001	Специфікація на пристрій	1	
4	A2	PI91.421322.001 СК	Складальний кресленик основи платформи	1	
5	A4	PI91.735341.001	Кресленик основи корпусу	1	
6	A4	PI91.741121.001	Кресленик кришки 1	1	
7	A4	PI91.741361.001	Кресленик кришки 2	1	
8	A4	PI91.711142.001	Кресленик підшипного механізму	1	
9	A4	PI91.711151.001	Кресленик платформи	1	

				PI91.421322.001		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Пархоменко			Маніпулятор керований м'язами (прототип протезу)	Лист	Листів
Керівн.	Адаменко Ю.				1	1
					РТФ, каф.ПРЕ PI-91	
Н/контр.	Попсуй					
Зав.каф.	Мовчанюк					

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Радіотехнічний факультет

Кафедра прикладної радіоелектроніки

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітня програма «Інтелектуальні технології мікросистемної
радіоелектронної техніки»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.зав.кафедри

 Андрій МОВЧАНЮК
« » 20 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студента

Пархоменка Богдана Олександровича

1. Тема проєкту «Маніпулятор керований м'язами (прототип протезу), керівник проєкту Адаменко Юлія Федорівна, к.т.н. доцент, затверджені наказом по університету від «30»травня 2023 р. №2061-с
2. Термін подання студентом проєкту 20 червня 2023 року
3. Вихідні дані до проєкту: створення статичного робота маніпулятора з керуванням від електроміографічних датчиків, що живиться від мережі 230 В $\pm$ 10%, вільна робота в діаметрі 50 см, здатність утримувати вагу до 5 кг.
4. Зміст пояснювальної записки 1)Аналіз завдання, 2)Огляд існуючих рішень 3)Вибір елементної бази 4)Вибір та обґрунтування силової схеми 5) Програмування маніпулятора 6)Розробка корпусу
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) складальний кресленик пристрою, кресленики деталей, презентація від 10 слайдів.
6. Дата видачі завдання 17 квітня 2023 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Огляд існуючих рішень	17.04.23-06.05.22	
2	Розробка та аналіз завдання на проєкт	07.05.23-10.05.23	
3	Аналіз ринку аналогів, розробка схемотехнічного рішення	11.05.23-18.05.23	
4	Розробка силової схеми	19.05.23-23.05.23	
5	Розробка корпусу	24.05.23-29.05.23	
6	Виготовлення корпусу	30.05.23-05.06.23	
7	Оформлення текстової та графічної документації	06.06.23-20.06.23	

Студент



Богдан ПАРХОМЕНКО

Керівник



Юлія АДАМЕНКО

АНОТАЦІЯ

У даній дипломній роботі розглядається розробка маніпулятора-протезу з використанням електроміографічних датчиків для керування. Обсяг пояснювальної записки складає 51 сторінок, включає 32 ілюстрацій, 6 креслень та 1 додаток. У роботі були визначені мета проекту, використані методи дослідження та отримані результати.

Метою проекту було створення функціонального та зручного маніпулятора-протезу, здатного піднімати та переміщувати предмети вагою до 5 кг на відстань приблизно 50 см. Для керування маніпулятором використовувалися електроміографічні датчики компанії MyoWare v2, що реагують на електричні сигнали, що виникають під час м'язової активності.

У результаті розробки було отримано маніпулятор протезу з легкою та компактною конструкцією. Впровадження розробленого протезного пристрою може сприяти поліпшенню якості життя людей з ампутаціями кінцівок.

Рекомендації щодо використання роботи полягають у можливості впровадження розробок у медичну практику для покращення фізичної реабілітації пацієнтів з ампутованими кінцівками. Результати досліджень та отримані патенти можуть бути використані в подальших наукових дослідженнях з даної тематики.

Ключові слова: маніпулятор-протез, електроміографічні датчики, керування, фізична реабілітація, ампутація.

ANNOTATION

This diploma thesis focuses on the development of an electromyography-based prosthetic manipulator. The explanatory note consists of 51 pages and includes 32 illustrations, 6 drawing, and 1 appendices. The project's objective was to create a functional and convenient prosthetic manipulator capable of lifting and moving objects weighing up to 5 kg over a distance of approximately 50 cm. The manipulator is controlled using electromyographic sensors from MyoWare v2, which detect electrical signals generated during muscle activity.

The outcome of the development process is a lightweight and compact prosthetic manipulator. The implementation of this prosthetic device can contribute to improving the quality of life for individuals with limb amputations.

Recommendations for the utilization of this research include its potential integration into medical practice to enhance the physical rehabilitation of patients with limb amputations. The research findings and obtained patents can serve as valuable assets for further scientific investigations in this field.

Keywords: prosthetic manipulator, electromyographic sensors, control, physical rehabilitation, amputation.

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Маніпулятор з керуванням від електроміографічних
датчиків (прототип протезу)»

Київ — 2023 року

ЗМІСТ

Вступ.....	2
1 Аналіз технічного завдання	5
2 Огляд існуючих рішень	6
2.1 Протези та роботи з керуванням від електроміографічних датчиків	6
2.2 Комерційні рішення	9
2.3 Постановка задачі	11
3 Вибір елементної бази	13
3.1 Вибір мікроконтролера.....	13
3.2 Вибір електроміографічних датчиків.....	14
3.2.1 Принцип роботи та правила виористання MyoWare muscle sensor 2.0.....	15
3.2.2 Вибір місця для встановлення датчиків	17
3.2.3 Підключення електроміографічного датчика до мікроконтроллера.....	19
3.3 Вибір сервоприводів	20
3.3.1 Підключення сервоприводів	21
4 Вибір та обґрунтування силової схеми.....	22
4.1 Задача на яку розрахована силова схема	22
4.2 Розробка рішення силової схеми.....	22
4.3 Висновок по розділу	23
5 Програмування маніпулятора	25

					PI91.421322.001 ПЗ			
ЗМ.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Пархоменко				Прототип протезу	Лім.	Лист	Листів
Перевірів	Адаменко Ю							
							1	
Н. Контр.						PI-91, РТФ		
Затвер-	Мовчанюк							

5.1 Перший код для програмування маніпулятора з керуванням від джойстиків	25
5.2 Код для програмування маніпулятора з керуванням від електроміографічних датчиків.....	29
6 Розробка корпусу	33
6.1 Вибір матеріалу для корпусу	33
6.2 Реалізація корпусу	34
6.3 Висновки по розділу	39
Висновки	40
Перелік джерел посилання.....	41

					PI91.421322.001 ПЗ	Лис
						2
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Протезування кінцівок — це одна з важливих проблем в сучасній медицині, що потребує нових технологій та розробок. Внаслідок воєнних дій, аварій та хвороб може статися так, що людина втратить одну або кілька кінцівок, що може суттєво позначитися на її житті. На щастя, сьогодні медичні технології дозволяють створювати протези, які забезпечують повну або часткову функціональність втрачених кінцівок.

Хоча існують різні типи протезів, протези кінцівок зазвичай керуються за допомогою мікропроцесорів, які сприймають сигнали від датчиків, розташованих на шкірі. Ці датчики можуть використовувати різні принципи дії, наприклад, магнітні, механічні або електричні.

У даній дипломній проекті ми пропонуємо новий підхід до керування маніпулятором за допомогою датчиків напруження м'язів електроміографічних датчиків. Ці датчики знаходяться безпосередньо на м'язах і вимірюють електричну активність м'язів, що дозволяє забезпечити більш точне керування маніпулятором. Такий підхід може покращити функціональність та ергономіку протезів, зменшити час на навчання користувача і зробити процес взаємодії з протезом більш інтуїтивно зрозумілим.

Оскільки в даній роботі розробляється прототип пристрою для керування протезами кінцівок, наші дослідження можуть мати практичне застосування в медицині та реабілітації людей з ампутаціями кінцівок. В Україні, як і в багатьох інших країнах світу, такі люди потребують доступних та ефективних протезів, щоб повернутися до повноцінного життя.

Прототип пристрою, який розробляється у даній роботі, базується на використанні датчиків напруження м'язів електроміографічних датчиків, що дозволяє отримувати сигнали від м'язів, що здійснюють рухи. Ці сигнали обробляються та передаються до керуючої системи маніпулятора, що дозволяє керувати рухами маніпулятора відповідно до рухів м'язів людини.

Отримання точних інформацій про рухи м'язів та їхні напруги є дуже важливим для створення більш ефективних та корисних протезів. В результаті,

					PI91.421322.001 ПЗ	Лис
						3
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

розробка даного прототипу може допомогти у покращенні якості життя людей, які втратили кінцівку через травму або захворювання.

					PI91.421322.001 ПЗ	Лис
						4
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

Технічне завдання для розробки маніпулятора-протезу має наступний вигляд:

1. Загальний опис проекту: створення статичного робота маніпулятора, який керується електроміографічними датчиками.
2. Вантажопідйомність: маніпулятор повинен мати здатність піднімати та переставляти предмети до 5 кг.
3. Функції: основна функція маніпулятора полягає у піднятті та переміщенні предметів на відстань приблизно 50 см, здатність захоплювати та утримувати предмети в клішнях маніпулятора.
4. Сенсори: в маніпуляторі використовуються електроміографічні датчики від компанії MyoWare v2 для виявлення електричних сигналів, що виникають під час м'язової активності.
5. Керування: маніпулятор керується мікроконтролером Arduino Uno, який забезпечує обробку даних з сенсорів та керування двигунами.
6. Двигуни: для руху маніпулятора використовуються двигуни MG96 зі спеціальним приводом, що забезпечує більш точний та плавний рух маніпулятора.

Таким чином, технічне завдання визначає основні вимоги до маніпулятора-протезу, його характеристики та функції, які потрібно виконати для досягнення поставленої мети.

					PI91.421322.001 ПЗ	Лис
						5
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

У даному розділі проведено огляд існуючих рішень у галузі роботів-маніпуляторів з керуванням від електроміографічних датчиків. Досліджено різні прототипи та комерційно доступні рішення, що використовуються для побудови протезів та асистивних роботів.

2.1 Протези та роботи з керуванням від електроміографічних датчиків

"DEKA Arm" [1] (рис.2.1) — один з відомих протезів, що використовуються в медицині, забезпечує керування рухами за допомогою електроміографічних датчиків.

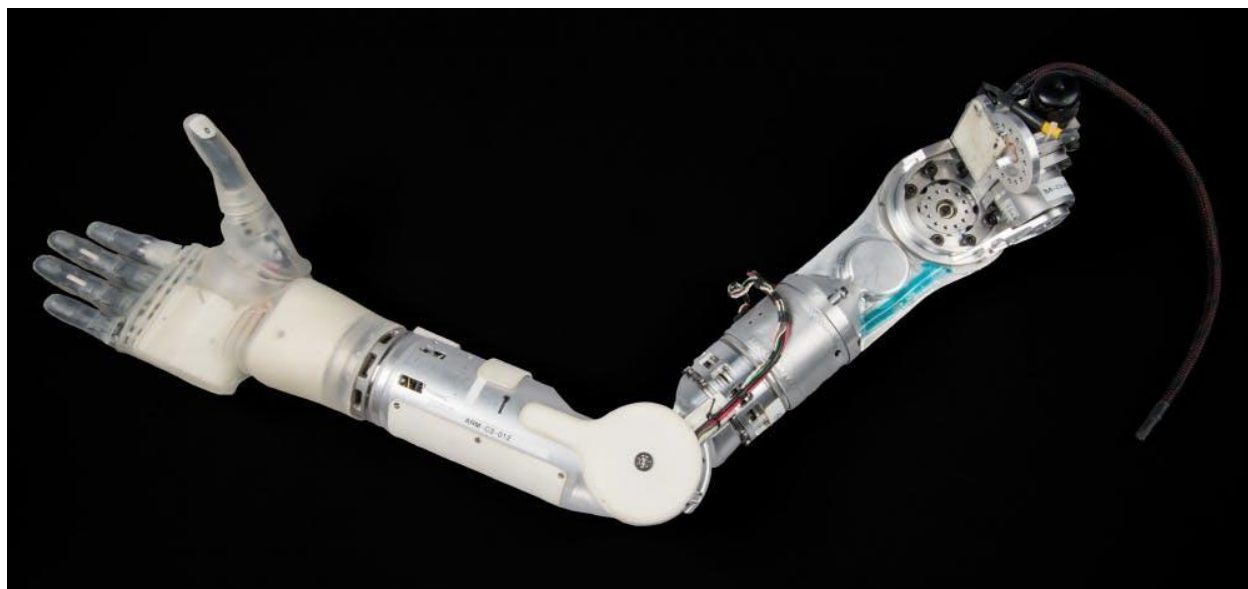


Рисунок 2.1 — DEKA bionic arm [1]

Переваги:

— більш натуральні рухи: завдяки використанню електроміографічних датчиків, DEKA Arm забезпечує більш натуральні та прецизійні рухи, що дозволяє користувачам виконувати більш складні завдання;

— зручність в експлуатації: протез розроблений з урахуванням зручності для користувача, забезпечуючи комфортну посадку та легке управління;

— розширена функціональність: DEKA Arm може виконувати різні рухи та функції, що дозволяє користувачам повернути собі певний рівень самостійності та незалежності.

					PI91.421322.001 ПЗ	Лис
						6
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Недоліки:

— висока вартість: одним з головних недоліків DEKA Arm є його висока вартість. Протези цього рівня технологій зазвичай є дорогими, що може обмежувати доступність для багатьох пацієнтів;

— обмежена функціональність: хоча DEKA Arm надає широкий спектр рухів, він може мати певні обмеження у порівнянні з природними кінцівками. Наприклад, дрібна моторика та відчуття можуть бути обмежені або відсутніми.

"Michelangelo Hand" [2] (рис.2.2) — протез, що використовує датчики для розпізнавання міоелектричних сигналів та забезпечує точне керування рухами пальців та кисті.



Рисунок 2.2 — Michelangelo hand [2]

Переваги:

— висока точність: протез забезпечує високу точність та прецизію в керуванні рухами пальців та кисті, дозволяючи користувачам виконувати різноманітні завдання, які вимагають мікроманіпуляцій;

— наближеність до природи: завдяки своїй дизайнерській концепції та функціональності, "Michelangelo Hand" створює відчуття наближення до природного стану руки, що сприяє покращенню психологічного комфорту користувача;

					PI91.421322.001 ПЗ	Лис
						7
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

— широкий функціонал: протез може виконувати багато різних рухів і функцій, таких як захоплення предметів з різною силою, утримання та розташування.

Недоліки:

— складність в навчанні: використання міоелектричних сигналів для керування вимагає певного навчання та пристосування користувача, що може зайняти певний час та зусилля;

— вартість: протез "Michelangelo Hand" є високотехнологічним і складним у конструкції, що може призвести до його високої вартості та обмежити доступність для деяких пацієнтів.

"Raven II Surgical Robot" [3] (рис.2.3) — робот-маніпулятор для хірургічних операцій, що використовує електроміографічні датчики для управління рухами.



Рисунок 2.3 — Raven II is a surgical robot [3]

Параметри:

— точність та прецизія: "Raven II Surgical Robot" забезпечує високу точність та прецизію виконання рухів, що особливо важливо у хірургічних операціях, де потрібна мікроманіпуляція та висока точність;

					PI91.421322.001 ПЗ	Лис
						8
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

— тактильні відчуття: робот оснащений датчиками, які передають хірургу тактильні відчуття, дозволяючи відчувати резистенцію та взаємодіяти з тканинами під час операції;

— масштабованість: система "Raven II Surgical Robot" може бути налаштована для роботи з операційними столами різних розмірів та конфігурацій, що робить її гнучкою та універсальною.

Переваги:

— усунення похибок людського фактору: завдяки автоматизованому управлінню та виключенню людських помилок, робот-маніпулятор може допомогти зменшити ризик операційних ускладнень та покращити точність процедури;

— зручність для хірурга: робот-маніпулятор може бути керований зручними для хірурга механізмами, дозволяючи ефективно виконувати операції та зменшувати втому під час тривалих процедур.

Недоліки:

— вартість: робот-маніпулятори, такі як "Raven II Surgical Robot", часто мають значну вартість, що може становити виклик для бюджету медичних установ;

— обмежена універсальність: деякі хірургічні процедури можуть вимагати спеціального обладнання або конфігурацій, які можуть бути несумісні з даною системою.

2.2 Комерційні рішення

"Open Bionics" (рис 2.4) [4] — компанія, що пропонує доступні та налаштовані протези для ампутованих, які використовують електроміографічні датчики для керування рухами.

					PI91.421322.001 ПЗ	Лис
						9
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.4 — Приклад однієї з багатьох моделей компанії Open labs Azdeco Covers [4]

Переваги:

— доступність: "Open Bionics" ставить за мету зробити протези доступними для широкої кількості людей, знижуючи вартість та роблячи їх більш доступними для різних соціоекономічних груп;

— ергономіка та дизайн: протези від "Open Bionics" відрізняються стильним та ергономічним дизайном, що дозволяє користувачам почуватися комфортно та впевнено, носячи їх.

Недоліки:

					PI91.421322.001 ПЗ	Лис
						10
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

— обмежені функціональні можливості: деякі протези "Open Bionics" можуть мати обмежені функціональні можливості порівняно з більш складними системами. Наприклад, вони можуть мати обмежену кількість рухових сегментів або не мати таких високофункціональних функцій, як повний захват об'єктів.

Вищезгадані рішення вказують на широкий спектр можливостей у використанні електроміографічних датчиків для керування рухами роботів-маніпуляторів та протезів. Порівняння функціональності, точності та доступності цих рішень допомогло визначити потенційні переваги та недоліки у контексті розробки маніпулятора-протезу, що використовує електроміографічні датчики.

На основі проведеного огляду існуючих рішень, можна зробити висновок про актуальність розробки маніпулятора-протезу з керуванням від електроміографічних датчиків. Враховуючи досвід та технологічні досягнення в цій області, проект може впроваджувати передові розробки та вдосконалення, що сприятимуть створенню ефективного та функціонального маніпулятора-протезу для осіб з фізичними обмеженнями.

2.3 Постановка задачі

Метою даної дипломної роботи є дослідження роботи електроміографічних датчиків та розробка статичного робота-маніпулятора, який керується ними. Маніпулятор-протез повинен мати здатність піднімати та переставляти предмети вагою до 5 кг. Він має забезпечувати плавний та точний рух. Це дозволить забезпечити користувачам достатню функціональність для повсякденних завдань.

Тож я вирішив розділити свій проект на кілька розділів які допоможуть краще зрозуміти кожен розділ.

У 3 розділі “Вибір елементної бази” буде розглянуто електронні компоненти(а саме мікроконтроллер, електроміографічні датчики, та серво приводи).

У 4 розділі “Вибір та обґрунтування силової схеми ” буде розглянуто силову схему для того щоб жити усі вище перераховані компоненти.

					<i>PI91.421322.001 ПЗ</i>	Лис
						11
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

У 5 розділі “Програмування маніпулятора” буде розглянуто кілька версій коду

У 6 розділі “Розробка корпусу” буде розглянуто модель та креслення платформи на яку встановлюється маніпулятор.

					<i>PI91.421322.001 ПЗ</i>	Лис
						12
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3 ВИБІР ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ

3.1 Вибір мікроконтролера

У цьому розділі розглядається процес вибору мікроконтролера для реалізації функціональності системи. Вибір правильного мікроконтролера є важливим етапом розробки, оскільки він визначає можливості, продуктивність та сумісність з іншими компонентами системи.

При виборі мікроконтролера для даної системи були враховані такі ключові критерії:

- оброблювальна потужність: мікроконтролер повинен мати достатню оброблювальну потужність для ефективного керування 6 сервоприводами MG996R та виконання різних завдань, пов'язаних з управлінням системою.
- кількість виводів: мікроконтролер повинен мати достатню кількість виводів для підключення та керування 6 сервоприводами, а також іншими необхідними компонентами.
- напруга живлення: мікроконтролер повинен працювати з тим же рівнем напруги, що й інші компоненти системи, зокрема блок живлення та понижувач напруги.

Враховуючи ці критерії, було обрано платформу на основі мікроконтролер ATmega328. Він відповідає всім вищезазначеним вимогам, оскільки вже використовується в системі як мікроконтролер та є сумісним з платформою Arduino UNO[5]. Він також має достатню оброблювальну потужність та достатню кількість виводів для підключення та керування всіма необхідними компонентами, включаючи 6 сервоприводів MG996R.

Обраний мікроконтролер ATmega328 є популярним в середовищі розробки прототипів і відкритих проектів. Він має широкий спектр доступних ресурсів, таких як документація, бібліотеки та форуми, що полегшують розробку та розв'язання можливих проблем. Крім того, Arduino UNO має вбудований USB-інтерфейс, що спрощує програмування та забезпечує зручний спосіб зміни програмного забезпечення.

					<i>PI91.421322.001 ПЗ</i>	Лис
						13
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір Arduino UNO дозволяє забезпечити ефективне керування сервоприводами та іншими компонентами системи, забезпечуючи необхідну функціональність та продуктивність. Використання вже існуючої платформи Arduino UNO також сприяє економії часу та зусиль при розробці.

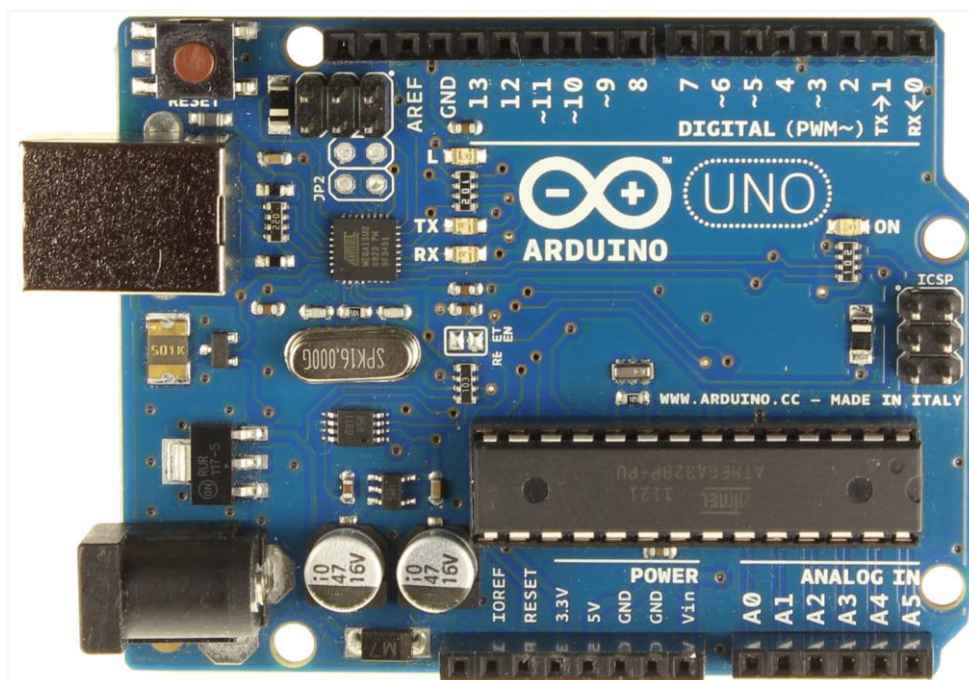


Рисунок 3.1 — Фотографія платформи Arduino UNO [5]

Загалом, вибір мікроконтролера Arduino UNO є обґрунтованим і відповідає вимогам проекту. Його можливості, сумісність та доступні ресурси роблять його ідеальним варіантом для реалізації функціональності системи маніпулятора протезу.

3.2 Вибір електроміографічних датчиків

У дипломному проекті досліджується використання датчиків для зчитування м'язів з метою керування статичним маніпулятором. Розглянемо датчики зчитування м'язів та їхні нюанси використання.

Один з видів датчиків — електроміографічні (ЕМГ) датчики. Вони вимірюють електричну активність м'язів під час скорочення. ЕМГ-датчики, такі як MYOware 2.0 (рис.3.2) [6,7], є популярними вибором завдяки декільком перевагам. По-перше, вони забезпечують точне відтворення активності м'язів, дозволяючи ефективно керувати маніпулятором. По-друге, вони мають зручну

					PI91.421322.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		14

конструкцію та можуть бути легко прикріплені до шкіри навколо м'язів кисті руки. Це забезпечує комфорт та надійність під час збору ЕМГ-сигналів.

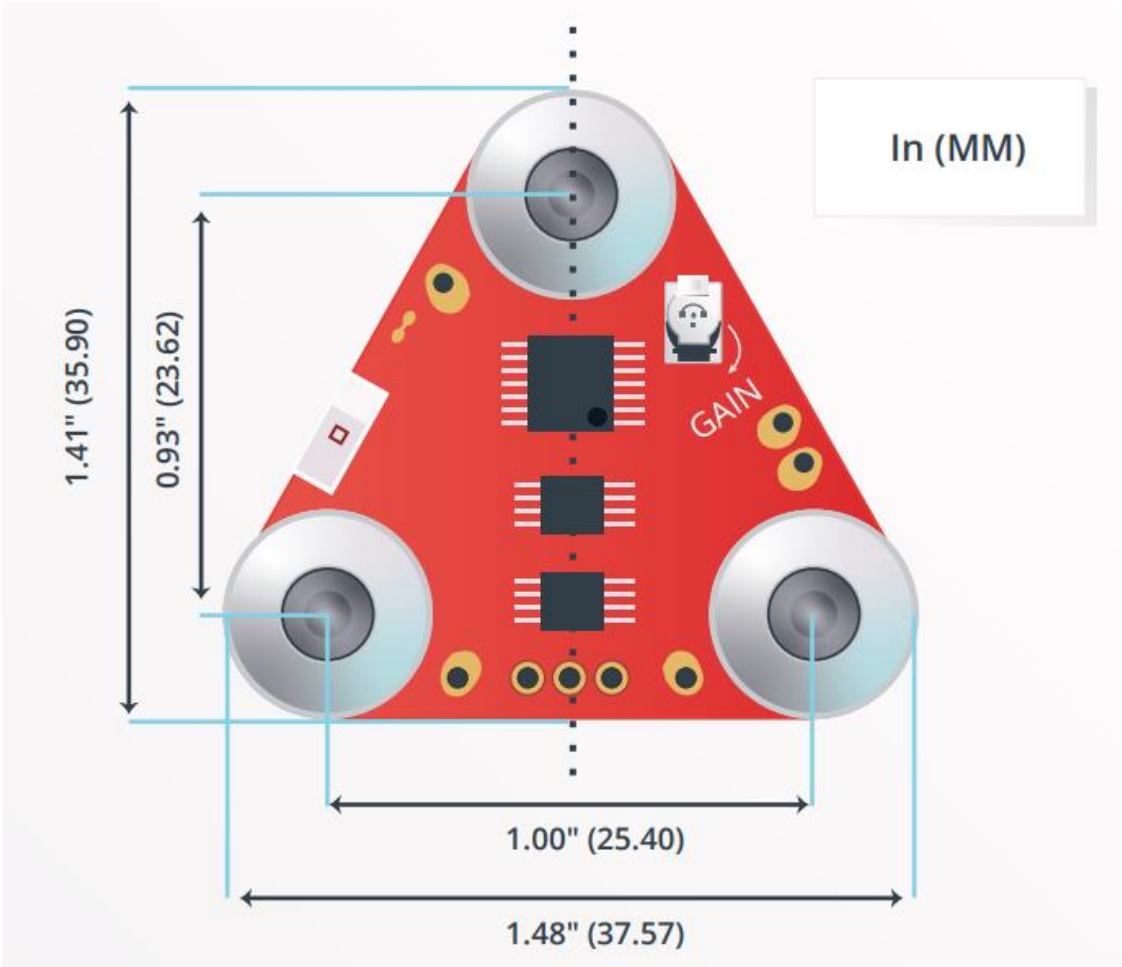


Рисунок 3.2 — Зображення електроміографічного датчика MyoWare 2.0 з позначеними на ньому розмірами [7]

З усіх датчиків, ми вибрали електроміографічні датчики MYOWare 2.0. MYOWare 2.0 є пристроєм, розробленим спеціально для зчитування електричної активності м'язів і може бути використаний для контролю рухів протезу.

3.2.1 Принцип роботи та правила виористання MyoWare muscle sensor 2.0.

MyoWare працює, використовуючи електричний потенціал м'яза для вимірювання м'язової активності, що називається поверхневою електроміографією (EMG або sEMG). Коли мозок вказує м'язу скорочуватися, він висилає електричний сигнал до м'яза, активуючи рухові одиниці (групи м'язових волокон, що відповідають за силу м'язів).

Залежно від сили згинання, задіяні різні рухові одиниці, що створюють більшу м'язову силу. Збільшення кількості рухових одиниць призводить до збільшення електричної активності м'яза. MyoWare аналізує цю активність і видає аналоговий сигнал, який відображає силу згинання м'яза. Зі збільшенням нахилу зростає вихідна напруга MyoWare.

Датчики EMG можуть бути з двома або трьома електродами.

У двоелектродній (монополярній) конфігурації один електрод розташовується над цільовою м'язовою групою, а електрод порівняння розміщується в сусідньому електрично нейтральному місці.

У трьохелектродній (біполярній) конфігурації два вхідних електроди, наприклад, MID і END, розміщуються на тілі цільової м'язової групи. Перший електрод розташовується посередині м'яза, а другий електрод розміщується на відстані 1-3 см від першого. Електрод порівняння розміщується в електрично нейтральному місці поруч.

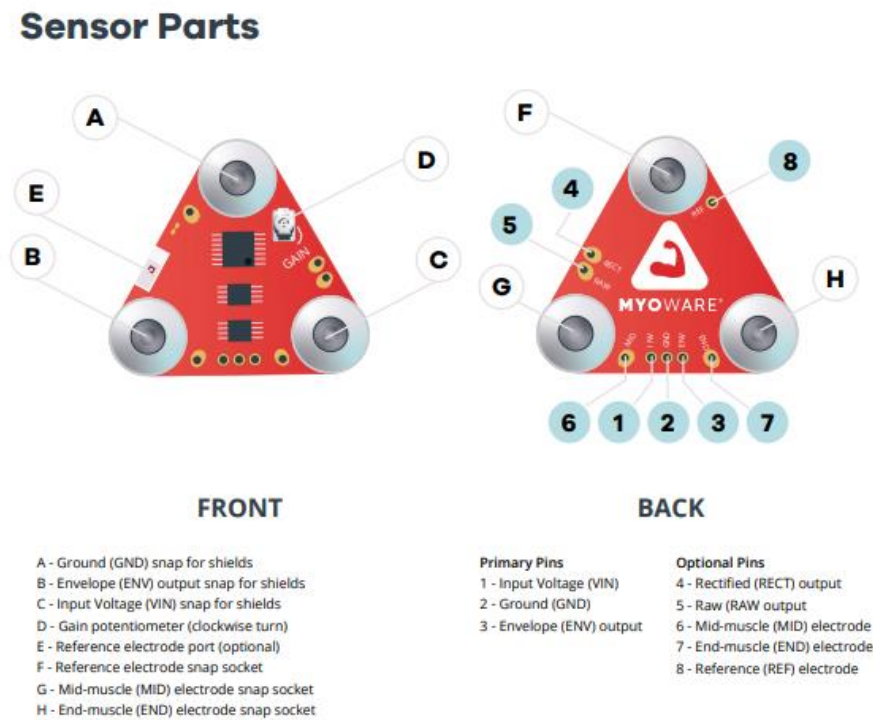


Рисунок 3.3 — Зображення електроміографічного датчика MyoWare 2.0.з позначеннями [7]

У біполярній конфігурації різниця напруги між двома електродами посилюється відносно електрода порівняння. Це дозволяє позбутися загального шуму між двома електродами завдяки коефіцієнту підсилення синфазного режиму (CMRR) підсилювача. Біполярні датчики EMG, такі як MyoWare, забезпечують чистіший сигнал EMG з вищим співвідношенням сигналу до шуму (SNR).

3.2.2 Вибір місця для встановлення датчиків

Правильне розташування та орієнтація електродів мають велике значення для отримання стабільних і якісних сигналів з використанням MyoWare. Щоб забезпечити оптимальний сигнал, рекомендується розмістити електроди на черевці цільового м'яза між найближчою зоною іннервації та місцем з'єднання м'язового сухожилля, де м'язові волокна мають найвищу щільність. Орієнтація електродів також важлива — вони повинні бути розташовані паралельно м'язовим волокнам, утворюючи лінію вздовж них. Це забезпечує перетин поверхонь виявлення з тими ж м'язовими волокнами, що створює кращий накладений сигнал.

Для того щоб зчитувати зтиснення та розтиснення кулака ми маємо встановити датчики на м'язи під назвою *Flexor carpi radialis* (рис. 3.4)

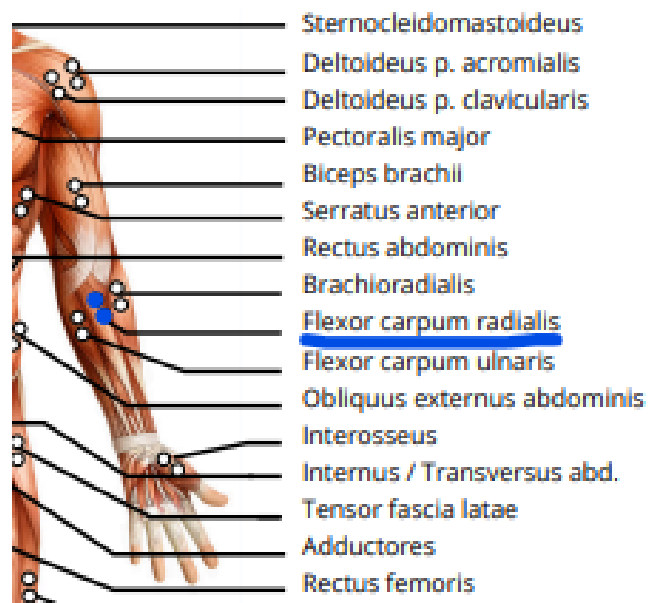


Рисунок 3.4 — М'язова система руки з виділеними на ній *Flexor carpi radialis* [7]

					PI91.421322.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		17

Для того щоб зчитувати згинання та розгинання руки в локті ми маємо встановити датчики на м'язи під назвою *Biceps brachii* (рис. 3.5)

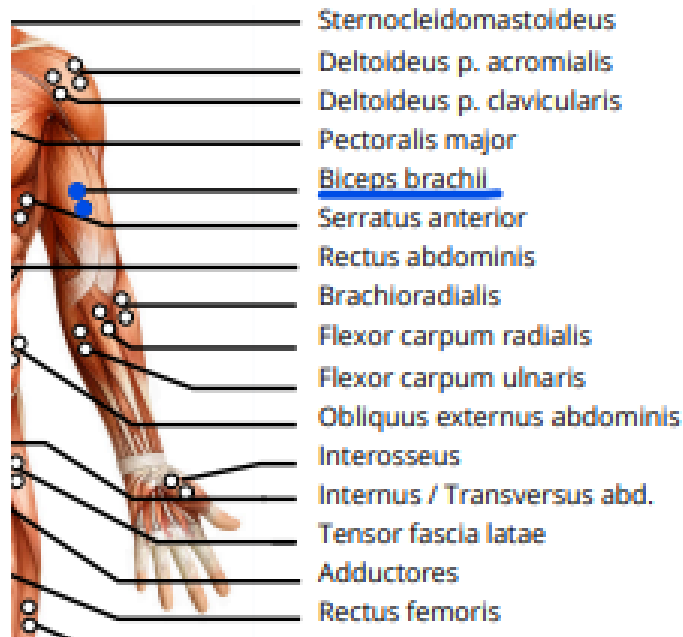


Рисунок 3.5 — М'язова система руки з виділеними на ній *Biceps brachii* [7]

Для того щоб зчитувати підйом руки в сторону в плечовому суглобі ми маємо встановити датчики на м'язи під назвою *Deltoideus p. Clavicularis* (рис. 3.6)

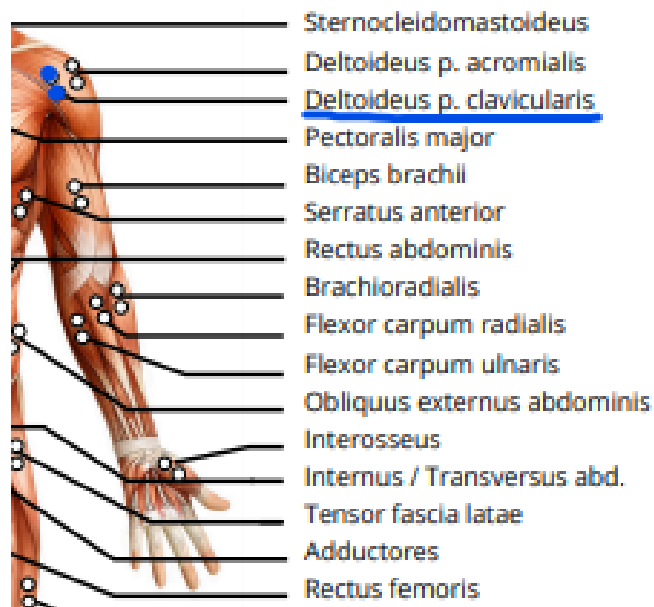


Рисунок 3.6 — М'язова система руки з виділеними на ній *Deltoideus p. Clavicularis* [7]

Далі розглянемо підключення датчиків.

					PI91.421322.001 ПЗ	Лис
						18
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.3 Підключення електроміографічного датчика до мікроконтролера

MyoWare розроблено для прямого використання з мікроконтролерами. Основним вихідним сигналом є необроблений сигнал ЕМГ, але його вихідний сигнал змінений та випрямлений (рис 3.7), що робить його ідеальним для використання з аналого-цифровим перетворювачем (АЦП) мікроконтролера



Рисунок 3.7 — Приклад сигналу виведеного з електроміографічного датчика [7]

Для того щоб виводити випрямлений сигнал та посилений сигнал підключаємо констакт RECT до порту мікроконтролеру який приймає аналоговий сигнал.

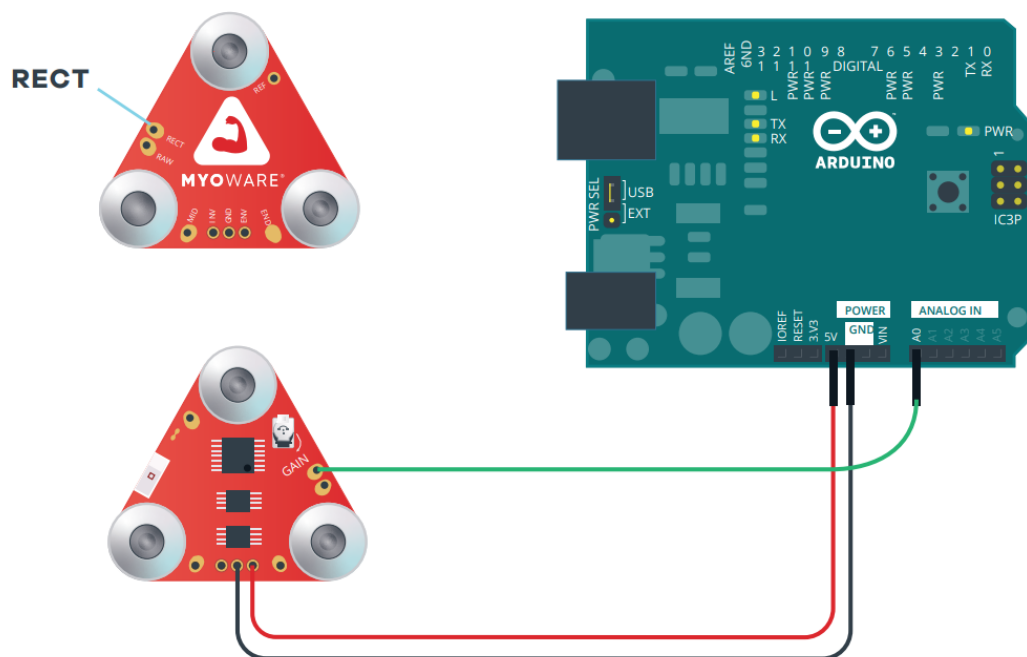


Рисунок 3.8 — Приклад підключення електроміографічного датчика MyoWare 2.0 до Arduino UNO [7]

Перейдемо до вибору сервоприводів.

					PI91.421322.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		19

3.3 Вибір сервоприводів

У цьому розділі розглядається процес вибору сервоприводів для системи, що включає у себе платформу Arduino UNO та передбачає рухову функціональність з використанням 6 сервоприводів. Вибір відповідних сервоприводів є важливим аспектом розробки, оскільки вони забезпечують необхідну силу повороту, точність та відповідність функціональним вимогам системи.

Було обрано сервоприводи MG996R (рис 3.9)[8]. При їх виборі були враховані такі ключові критерії:

1. кут повороту: обрані сервоприводи MG996R мають кут повороту 180 градусів, що відповідає вимогам рухової функціональності системи. Цей діапазон повороту дозволяє забезпечити необхідний обсяг руху для виконання запланованих завдань, а також це дозволяє конфігурувати обертання на певний кут, що додає точності і є дуже важливим у нашому проекті.

2. вартість: MG996R сервоприводи обиралися через їхню вартість, яка є доступною та економічно вигідною. Вони є більш дешевими порівняно з деякими іншими сервоприводами на ринку, що дозволяє знизити витрати на компоненти системи.

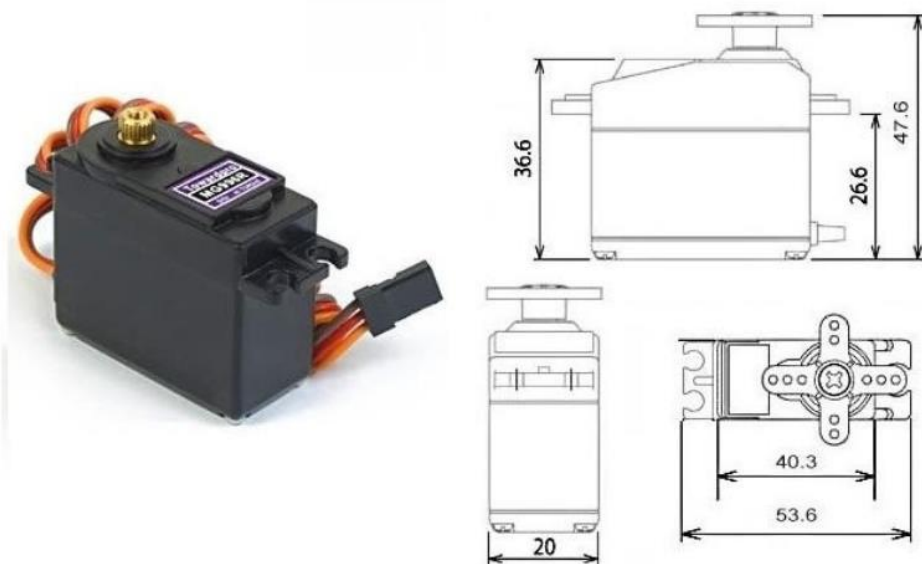


Рисунок 3.9 — Серво привід MG996R[8]

3. сила повороту та вага: MG996R сервоприводи мають високий показник сили повороту, що дозволяє їм легко керувати механічними рухами та виконувати різні завдання, пов'язані з рухом системи. Крім того, вони мають невелику вагу, що сприяє зменшенню навантаження на інші компоненти системи та забезпечує більш ефективну роботу.

Вони відповідають вимогам системи, оскільки мають необхідний кут повороту, є економічно вигідними та забезпечують потрібну силу повороту при малій вазі. Використання обраних сервоприводів дозволяє ефективно реалізувати рухову функціональність системи та досягти бажаних результатів.

3.3.1 Підключення сервоприводів

MG996R має три піна: VCC (живлення), GND (земля) та сигнальний пін (який приймає вхідний сигнал для керування положенням сервоприводу). Ми підключили червоний провід сервоприводу до зовнішнього джерела живлення, а чорний провід до землі. Для керування положенням сервоприводу ми підключили сигнальний пін до одного з пінів PWM (ШИМ) на Arduino Uno. На Arduino Uno є кілька пінів з підтримкою PWM, помічених символом "~".

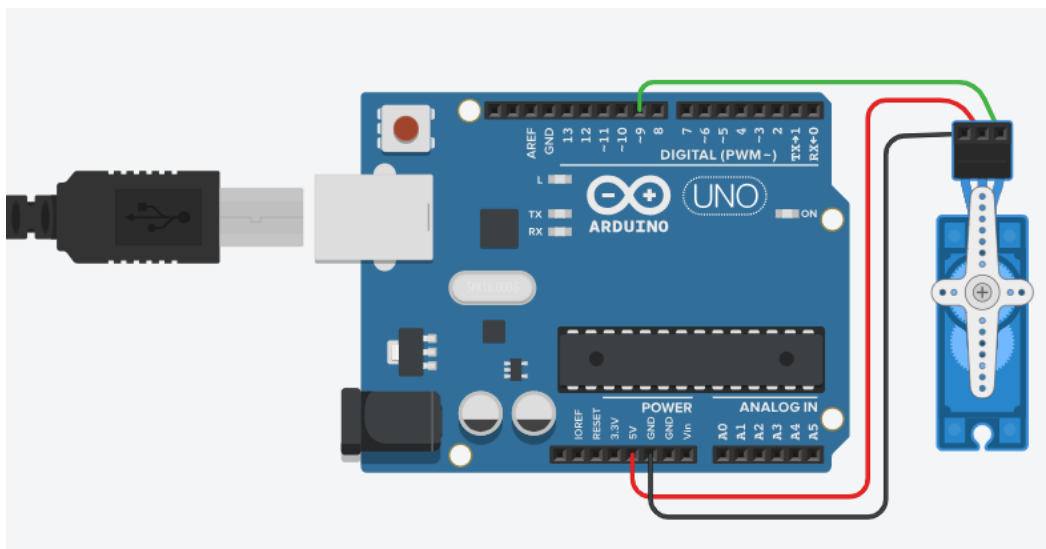


Рисунок 3.10 — Приклад підключення Серво приводу MG996R до Arduino UNO[9]

Далі можна переходити до розробки програмного забезпечення. Однак, спершу треба забезпечити необхідне живлення.

4 ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ СИЛОВОЇ СХЕМИ

Система складається з Arduino UNO та 6 сервоприводів MG996R. Arduino UNO використовується як платформа, що керує роботою сервоприводів, виконуючи певні задані команди. Кожен сервопривід MG996R працює зі силою струму 10А та має діапазон роботи від 4 до 7 вольт.

У цьому розділі досліджується задача створення силової схеми, яка призначена для живлення платформи Arduino UNO та 6 сервоприводів MG996R.

4.1 Задача на яку розрахована силова схема

Основною метою розробки силової схеми є забезпечення надійного та стабільного живлення для Arduino UNO та сервоприводів, враховуючи їх вимоги до напруги та сили струму.

Задача полягає у розробці силової схеми, яка забезпечує постійну та стабільну напругу 12В для живлення Arduino UNO та достатню потужність для живлення 6 сервоприводів MG996R. Для цього необхідно врахувати вимоги до сили струму кожного сервоприводу та діапазон роботи напруги.

4.2 Розробка рішення силової схеми

В результаті аналізу різних варіантів, було обрано таку силову схему, що включає блок живлення та понижувач напруги.

Спочатку було встановлено блок живлення, який має здатність перетворювати вхідну напругу 220 В на вихідну напругу 12 В (рис.4.1). Блок живлення забезпечує стабільну та надійну подачу електроенергії до всієї системи.

З блока живлення напруга подається до Arduino UNO.

Понижувач напруги (рис.4.2) перетворює 12 В, отримані від блока живлення, на необхідних 5 В для живлення сервоприводів. Ці сервоприводи працюють з напругою в діапазоні від 4 В до 7 В.

					PI91.421322.001 ПЗ	Лис
						22
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 4.1 — Блок живлення 12V 100W [10]

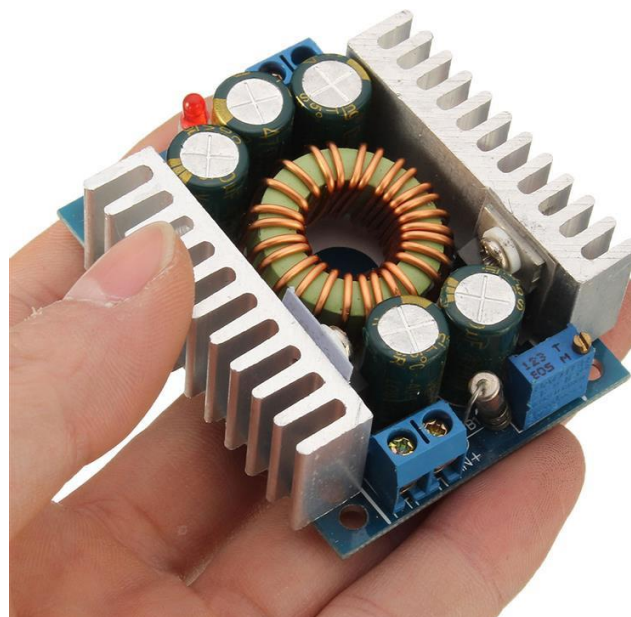


Рисунок 4.2 — Понижаючий перетворювач напруги з 12 до 5 вольт [11]

Забезпечення стабільної та відповідної напруги є критичним для правильної роботи сервоприводів. Тому використання понижувача напруги дозволяє перетворити 12 В з блока живлення на необхідний діапазон напруги від 4 В до 7 В для кожного сервопривода.

4.3 Висновок по розділу

В загальному випадку, розподіл живлення має такий вигляд:

					PI91.421322.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		23

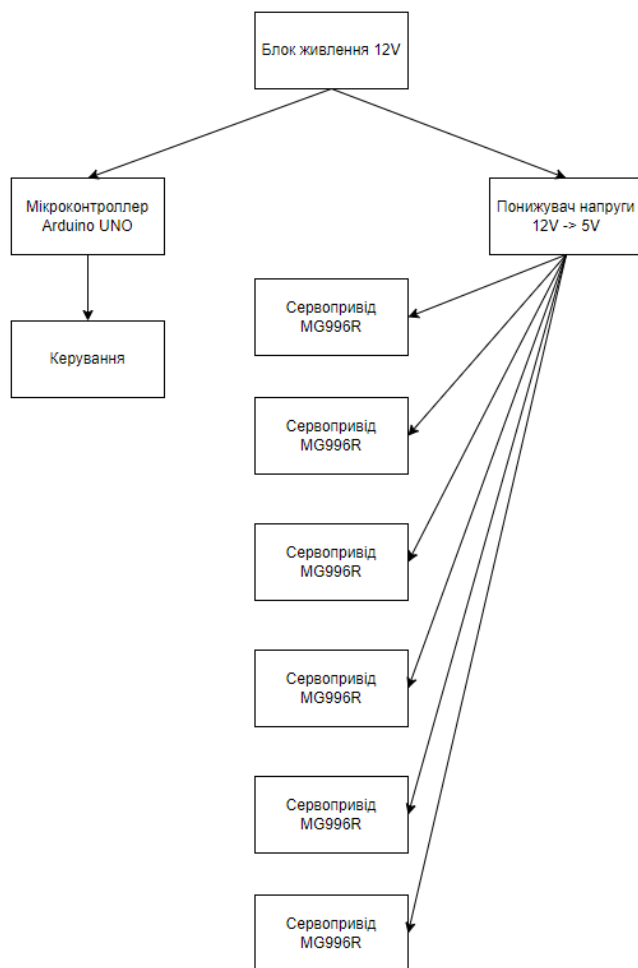


Рисунок 4.3 — Схема силової схеми

Таке рішення силової схеми забезпечує надійне та стабільне живлення для Arduino UNO та 6 сервоприводів MG996R. Використання блока живлення та понижувача напруги гарантує, що всі пристрої отримують необхідні рівні напруги, відповідні їхнім вимогам. Таке рішення також забезпечує зручну систему розподілу живлення та забезпечує безперебійну роботу системи в цілому.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI91.421322.001 ПЗ

Лис
24

5 ПРОГРАМУВАННЯ МАНІПУЛЯТОРА

5.1 Перший код для програмування маніпулятора з керуванням від джойстиків

У цьому розділі представлений перший код, розроблений для керування маніпулятором з використанням джойстиків. Для реалізації цієї функціональності була використана платформа Arduino UNO та засоби програмування мікроконтролера.

Була використана бібліотека Servo.h є стандартною бібліотекою для Arduino, призначеною для керування сервоприводами. Вона надає простий і зручний спосіб керування положенням сервоприводу за допомогою мікроконтролера Arduino. Бібліотека включає функції для прикріплення сервоприводу до піна, встановлення положення сервоприводу в градусах, зчитування поточного положення сервоприводу та перевірки прикріплення сервоприводу до піна.

```
#include <Servo.h>
```

```
Servo servo_base_1; // Об'єкт для керування першим сервоприводом основи
```

```
Servo servo_base_2; // Об'єкт для керування другим сервоприводом основи
```

```
Servo servo_elbow; // Об'єкт для керування сервоприводом ліктя
```

```
Servo servo_wrist; // Об'єкт для керування сервоприводом зап'ястка
```

```
Servo servo_hand; // Об'єкт для керування сервоприводом клішні
```

```
void setup() { // Код налаштування, який виконується один раз:
```

```
servo_base_1.attach(9); // Прикріплення першого сервоприводу основи до піна  
9
```

```
servo_base_2.attach(10); // Прикріплення другого сервоприводу основи до піна  
10
```

```
servo_elbow.attach(6); // Прикріплення сервоприводу ліктя до піна 6
```

```
servo_wrist.attach(5); // Прикріплення сервоприводу зап'ястка до піна 5
```

					PI91.421322.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		25

```

servo_hand.attach(3); // Прикріплення сервоприводу руки до піна 3
}

void loop() { // Головний код, який виконується в циклі:
    int Pot0 = analogRead(A0); // Зчитування значення з аналогового піна A0 і
    збереження його в змінну Pot0
    int Pot1 = analogRead(A1); // Зчитування значення з аналогового піна A1 і
    збереження його в змінну Pot1
    int Pot2 = analogRead(A2); // Зчитування значення з аналогового піна A2 і
    збереження його в змінну Pot2
    int Pot3 = analogRead(A3); // Зчитування значення з аналогового піна A3 і
    збереження його в змінну Pot3

    Pot0 = map(Pot0, 0, 1023, 0, 180); // Масштабування значення Pot0 для
    використання з сервоприводом (значення між 0 та 180)
    Pot1 = map(Pot1, 0, 1023, 0, 180); // Масштабування значення Pot1 для
    використання з сервоприводом (значення між 0 та 180)
    Pot2 = map(Pot2, 0, 1023, 0, 180); // Масштабування значення Pot2 для
    використання з сервоприводом (значення між 0 та 180)
    Pot3 = map(Pot3, 0, 1023, 30, 110); // Масштабування значення Pot3 для
    використання з сервоприводом (значення між 30 та 110)

    servo_base_1.write(Pot0); // Встановлення положення першого сервоприводу
    основи відповідно до значення Pot0
    servo_base_2.write(180 - Pot0); // Встановлення положення другого серво-
    приводу основи відповідно до значення Pot0 (180 - Pot0)
    servo_elbow.write(Pot1); // Встановлення положення сервоприводу ліктя від-
    повідно до значення Pot1
    servo_wrist.write(Pot2); // Встановлення положення сервоприводу зап'ястка
    відповідно до значення Pot2

```

					PI91.421322.001 ПЗ	Лис
						26
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

```
servo_hand.write(Pot3); // Встановлення положення сервоприводу руки відпо-
відно до значення Pot3
}
```

Також було зроблено код з більш плавною роботою двигунів

```
Servo servo_base_1; // Об'єкт для керування першим сервоприводом ос-
нови
```

```
Servo servo_base_2; // Об'єкт для керування другим сервоприводом основи
```

```
Servo servo_elbow; // Об'єкт для керування сервоприводом ліктя
```

```
Servo servo_wrist; // Об'єкт для керування сервоприводом зап'ястка
```

```
Servo servo_hand; // Об'єкт для керування сервоприводом руки
```

```
const int numSensors = 5; // Кількість потенціометрів
```

```
const int sensorPin[numSensors] = {A0, A1, A2, A3, A4}; // Піни для підклю-
чення потенціометрів
```

```
const int numReadings = 10; // Кількість зчитувань для обчислення серед-
нього
```

```
int readings[numSensors][numReadings]; // Масив для зберігання зчиту-
вань
```

```
int index = 0; // Індекс для зберігання поточного зчитування
```

```
int total[numSensors]; // Сума значень з потенціометрів
```

```
float average[numSensors]; // Середнє значення для кожного потенціоме-
тра
```

```
void setup() {
```

```
Serial.begin(9600); // Встановлення швидкості передачі даних в 9600
біт/с
```

```
for (int i = 0; i < numSensors; i++) {
```

```
pinMode(sensorPin[i], INPUT); // Встановлення пінів для входу
```

					PI91.421322.001 ПЗ	Лис
						27
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

```

}

servo_base_1.attach(9); // Прикріплення першого сервоприводу до піна 9
servo_base_2.attach(10); // Прикріплення другого сервоприводу до піна 10
servo_elbow.attach(6); // Прикріплення сервоприводу ліктя до піна 6
servo_wrist.attach(5); // Прикріплення сервоприводу зап'ястка до піна 5
servo_hand.attach(3); // Прикріплення сервоприводу руки до піна 3
}

void loop() {
    // Зчитування значень з потенціометрів та зберігання їх у масиві
    readings
    for (int i = 0; i < numSensors; i++) {
        total[i] -= readings[i][index];
        readings[i][index] = analogRead(sensorPin[i]);
        total[i] += readings[i][index];
    }

    index = (index + 1) % numReadings; // Збільшення індексу зчитування та
    його обмеження до діапазону [0, numReadings-1]

    // Обчислення середнього значення та зберігання його в масиві average
    for (int i = 0; i < numSensors; i++) {
        average[i] = total[i] / (float)numReadings;
        average[i] = map(average[i], 0, 1023, 0, 180); // Конвертування значення
        з відповідного діапазону в діапазон від 0 до 180
        average[3] = map(average[3], 0, 180, 30, 110); // Конвертування зна-
        чення для клеши від відповідного діапазону в діапазон від 0 до 30
    }
}

```

					PI91.421322.001 ПЗ	Лис
						28
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

```

// Керування сервоприводами на основі середніх значень потенціометрів
servo_base_1.write(average[0]); // Встановлення положення першого
сервоприводу основи відповідно до середнього значення потенціометра 0
servo_base_2.write(180 - average[0]); // Встановлення положення дру-
гого сервоприводу основи відповідно до середнього значення потенціометра 0
(180 - average[0])
servo_elbow.write(average[1]); // Встановлення положення сервоприводу
ліктя відповідно до середнього значення потенціометра 1
servo_wrist.write(average[2]); // Встановлення положення сервоприводу
зап'ястка відповідно до середнього значення потенціометра 2
servo_hand.write(average[3]); // Встановлення положення сервоприводу
руки відповідно до середнього значення потенціометра 3

// Виведення середнього значення кожного потенціометра в окремому
повідомленні
for (int i = 0; i < numSensors; i++) {
    Serial.print("Потенціометр ");
    Serial.print(i);
    Serial.print(": ");
    Serial.println(average[i]);
}

Serial.println();

delay(500); // Затримка для стабілізації зчитувань

```

5.2 Код для програмування маніпулятора з керуванням від електро- міографічних датчиків.

```
#include <Servo.h>
```

					PI91.421322.001 ПЗ	Лис
						29
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

```

Servo servo_base_1; // Об'єкт для керування першим сервоприводом ос-
нови
Servo servo_base_2; // Об'єкт для керування другим сервоприводом основи
Servo servo_elbow; // Об'єкт для керування сервоприводом ліктя
Servo servo_wrist; // Об'єкт для керування сервоприводом зап'ястка
Servo servo_hand; // Об'єкт для керування сервоприводом клішні
Servo servo_rotate; // Об'єкт для керування сервоприводом який відповідає
за обертання всієї конструкції

const int potPin1 = A0; // Пін для підключення першого потенціометра
const int potPin2 = A1; // Пін для підключення другого потенціометра
const int muscleSensorPin1 = A2; // Пін для підключення першого електро-
міографічного датчика
const int muscleSensorPin2 = A3; // Пін для підключення другого електро-
міографічного датчика
const int muscleSensorPin3 = A4; // Пін для підключення третього елект-
роміографічного датчика

void setup() {
    servo_rotate.attach(11); // Прикріплення обертального сервоприводу до
піна 11
    servo_base_1.attach(9); // Прикріплення першого сервоприводу основи до
піна 9
    servo_base_2.attach(10); // Прикріплення другого сервоприводу основи до
піна 10
    servo_elbow.attach(6); // Прикріплення сервоприводу ліктя до піна 6
    servo_wrist.attach(5); // Прикріплення сервоприводу зап'ястка до піна 5
    servo_hand.attach(3); // Прикріплення сервоприводу руки до піна 3
    Serial.begin(9600); // Ініціалізація порту послідовного зв'язку
}

void loop() {

```

					PI91.421322.001 ПЗ	Лис
						30
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

```

    int potValue1 = analogRead(potPin1); // Зчитування значення з першого
    потенціометра

    int potValue2 = analogRead(potPin2); // Зчитування значення з другого
    потенціометра

    int sensorValue1 = analogRead(muscleSensorPin1); // Зчитування зна-
    чення з першого електроміографічного датчика

    int sensorValue2 = analogRead(muscleSensorPin2); // Зчитування зна-
    чення з другого електроміографічного датчика

    int sensorValue3 = analogRead(muscleSensorPin3); // Зчитування зна-
    чення з третього електроміографічного датчика

    // Керування сервоприводами за допомогою потенціометрів

    int servoAngle1 = map(potValue1, 0, 1023, 0, 180); // Отримання кута по-
    вороту для першого сервоприводу

    servos[Servo servo_base_1].write(servoAngle1); // Поворот першого сер-
    воприводу

    servos[Servo servo_base_2].write(180-servoAngle1); // Поворот другого
    сервоприводу

    int servoAngle2 = map(potValue2, 0, 1023, 0, 180); // Отримання кута по-
    вороту для другого сервоприводу

    servos[servo_rotate].write(servoAngle3); // Поворот третього сервопри-
    воду

    // Керування сервоприводами за допомогою електроміографічних дат-
    чиків

    int servoAngle3 = map(sensorValue1, 500, 1023, 0, 180);
    servoAngle3 = constrain(servoAngle3, 0, 180);

    int servoAngle4 = map(sensorValue2, 500, 1023, 0, 180);

```

					PI91.421322.001 ПЗ	Лис
						31
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

```
servoAngle4 = constrain(servoAngle4, 0, 180);
```

```
int servoAngle5 = map(sensorValue3, 500, 1023, 30, 110);
```

```
servoAngle5 = constrain(servoAngle5, 30, 110);
```

```
servos[servo_elbow].write(servoAngle3); // Поворот третього сервоприводу
```

```
servos[servo_wrist].write(servoAngle4); // Поворот четвертого сервоприводу
```

```
servos[servo_hand].write(servoAngle5); // Поворот п'ятого сервоприводу
```

```
// Виведення значень кутів повороту на монітор порту послідовного зв'язку
```

```
Serial.print("Servo Angle 1: ");
```

```
Serial.println(servoAngle1);
```

```
Serial.print("Servo Angle 2: ");
```

```
Serial.println(servoAngle2);
```

```
Serial.print("Servo Angle 3: ");
```

```
Serial.println(servoAngle3);
```

```
Serial.print("Servo Angle 4: ");
```

```
Serial.println(servoAngle4);
```

```
Serial.print("Servo Angle 5: ");
```

```
Serial.println(servoAngle5);
```

```
delay(100); // Затримка для стабілізації системи
```

```
}
```

Все програмне забезпечення було відпрацьовано на макеті і тепер можна приступати до розробки корпусу.

					PI91.421322.001 ПЗ	Лис
						32
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

6 РОЗРОБКА КОРПУСУ

6.1 Вибір матеріалу для корпусу

Під час розробки проєкту, виникла необхідність вибору матеріалу для друку платформи, який впливає на її механічні властивості, довговічність та функціональність. Після ретельного дослідження різних матеріалів, я вирішив використовувати ABS пластик з наступних причин:

– механічна міцність: ABS пластик відомий своєю високою міцністю та стійкістю до впливу зовнішніх сил. Щільність ABS пластику зазвичай коливається в діапазоні від $1,04 \text{ г/см}^3$ до $1,12 \text{ г/см}^3$. Модуль пружності ABS пластику зазвичай становить близько 2,1–2,7 ГПа. Це дозволяє платформі витримувати значні навантаження без пошкоджень або деформацій. У моєму проєкті маніпулятора, платформа буде піддаватися різним механічним навантаженням, тому вибір міцного матеріалу, такого як ABS пластик, є важливим фактором для забезпечення надійності та довговічності системи.

– стійкість до впливу середовища: ABS пластик має хорошу стійкість до впливу багатьох різних речовин, включаючи воду, олію та хімічні розчинники. Це дозволяє платформі працювати ефективно в різних умовах, де можуть бути присутні різноманітні рідини або хімічні речовини. ABS пластик володіє високою температурною стійкістю, здатністю витримувати високі температури без втрати форми або властивостей. Зазвичай він здатний витримувати температури від -20°C до 80°C . За допомогою ABS пластику, платформа може бути захищена від корозії та інших негативних впливів довкілля.

– друкарські властивості: ABS пластик є добре вивіреном матеріалом для 3D друку і володіє властивостями, що роблять його легким у роботі. Він легко друкується, має стабільну термічну стійкість та низьку швидкість затвердіння, що дозволяє отримати деталі з високою точністю та деталізацією. Крім того, ABS пластик може бути легко оброблений після друку, що дає можливість виправити невеликі дефекти або внести необхідні зміни в платформу.

– доступність та економічність: ABS пластик є одним з найбільш поширених та доступних матеріалів для 3D друку. Він може бути легко придбаний

					<i>PI91.421322.001 ПЗ</i>	Лис
						33
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

у великій кількості, що забезпечує економічну вигоду проекту. Доступність матеріалу також означає, що я можу експериментувати з різними конфігураціями платформи та проводити тестування без значних витрат на матеріал.

Враховуючи всі ці фактори, вибір ABS пластику для друку платформи маніпулятора виявився найбільш оптимальним рішенням. Його механічна міцність, стійкість до середовища, друкарські властивості, доступність та економічність роблять його ідеальним вибором для забезпечення успішного функціонування та тривалого терміну служби платформи маніпулятора.

6.2 Реалізація корпусу

Для реалізації проекту маніпулятора протезу, було розроблено корпус, який складається з основи платформи та металевих кріплень для робо-руки.

Основа платформи була розроблена у програмі SolidWorks, яка є потужним інструментом для створення тривимірних моделей. Для розробки було використано технологію комп'ютерного моделювання 3D-друк. Основа має розміри 20 см на 20 см та складається з двох пластин, які з'єднуються разом за допомогою болтів та гайок.

Для кріплення робо-руки до основи платформи були використані металеві кріплення для робо-руки, які були придбані в інтернет-магазині. Ці кріплення мають два ступені свободи та забезпечують робо-руці можливість руху в горизонтальній та вертикальній площинах.

На рисунку 6.1 неведено платформу на яку буде встановлено наш маніпулятор. Він містить у собі обертальний механізм. А на рис.6.2 — показаний вже готовий виготовлений корпус.

					PI91.421322.001 ПЗ	Лис
						34
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

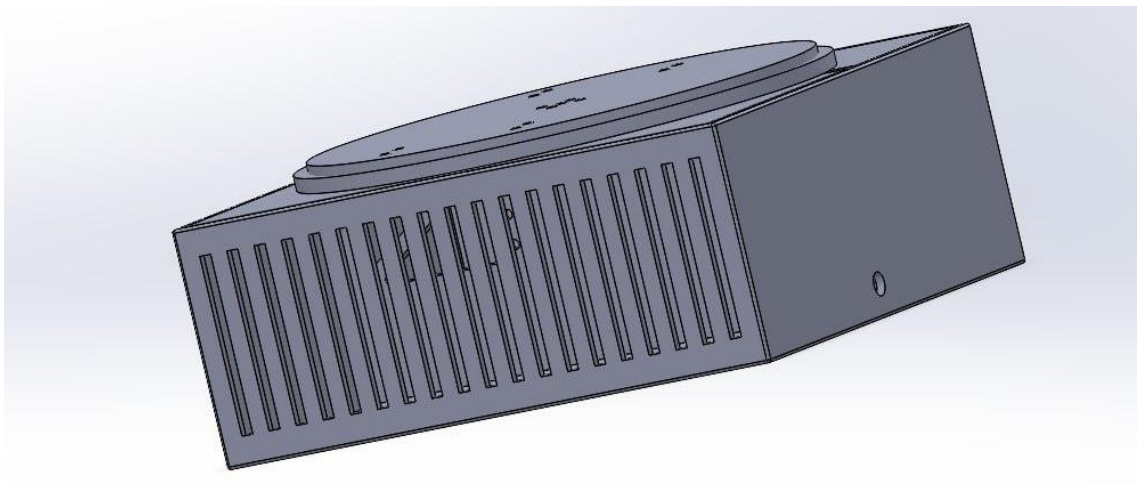


Рисунок 6.1 — Модель корпусу



Рисунок 6.2 — Фото вже зібраного збірного складеника

Розглянемо з яких складових складається корпус.

На рисунку 6.3 наведено основну частину платформи, в якій передбачені місця під кріплення серво привода MG966R. Також в цій частині передбачено пази для кришки цієї основи.

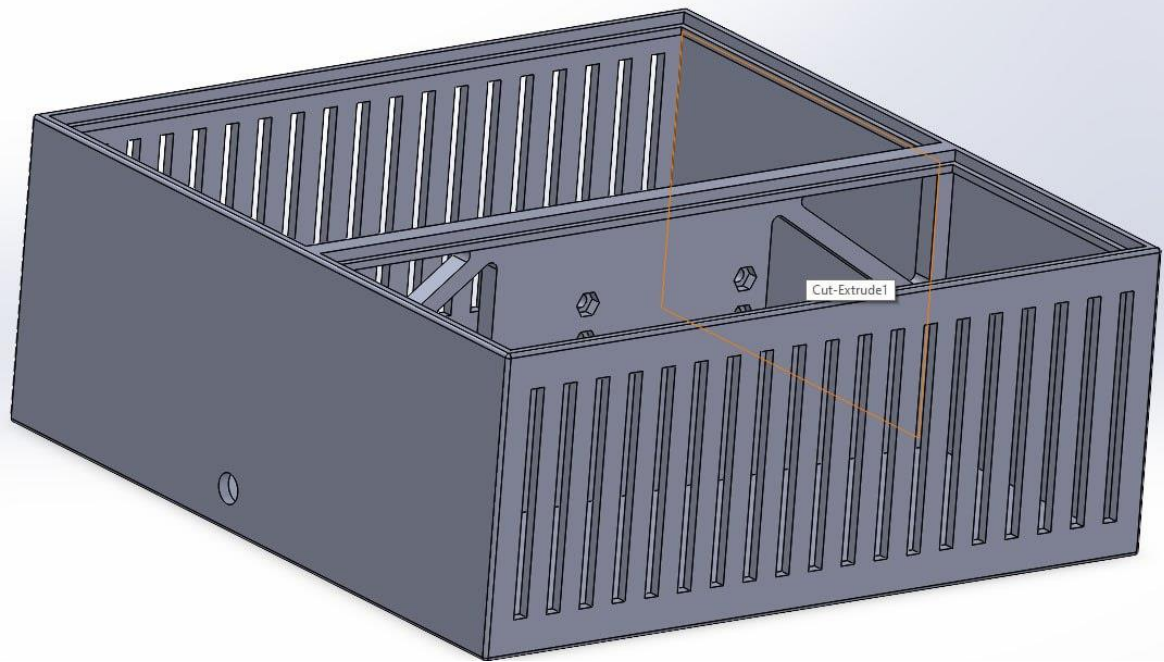


Рисунок 6.3 — Модель основної частини платформи

На рисунку 6.4 наведено модель кришки, що приєднується до основної частини платформи та закріплюється шляхом затискання.

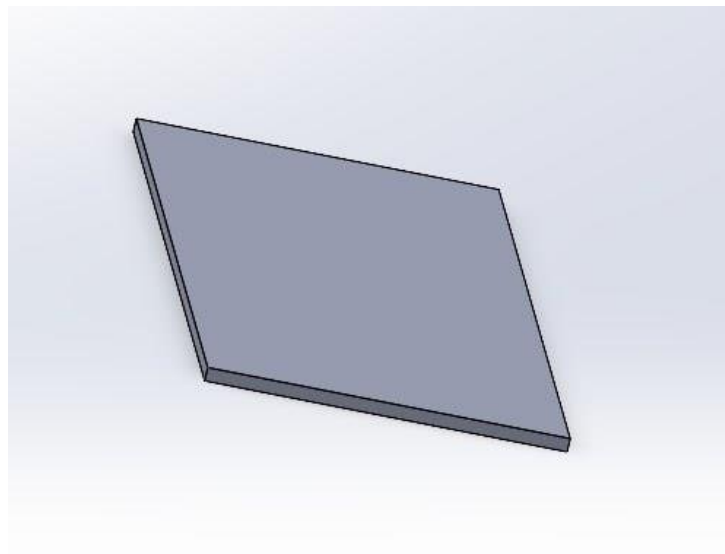


Рисунок 6.3 — Модель кришки 1

На рисунку 6.4 наведено друга кришка, яка встановлюється за аналогічним принципом. В своїй структурі вона має отвір який розрахований на те, що через нього буде виходити вал двигуна, який контролює обертання усього маніпулятора в горизонтальній площині.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI91.421322.001 ПЗ

Лис
36

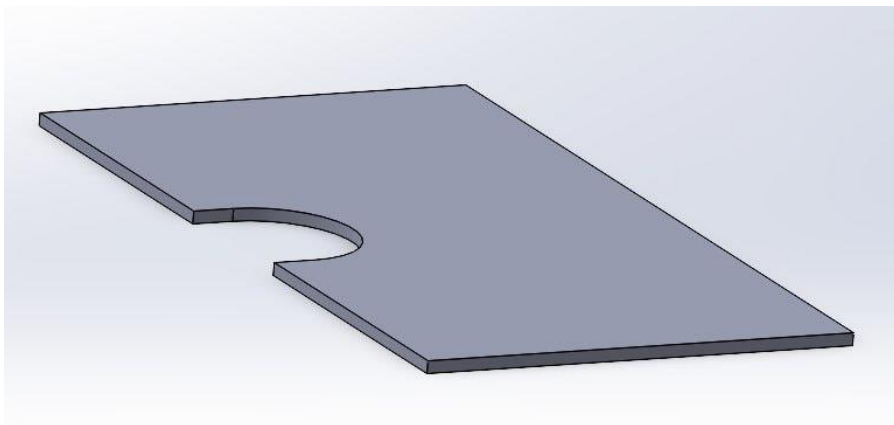


Рисунок 6.4 — Модель кришки 2

Вигляд встановлених кришок можна побачити на рис.6.5.

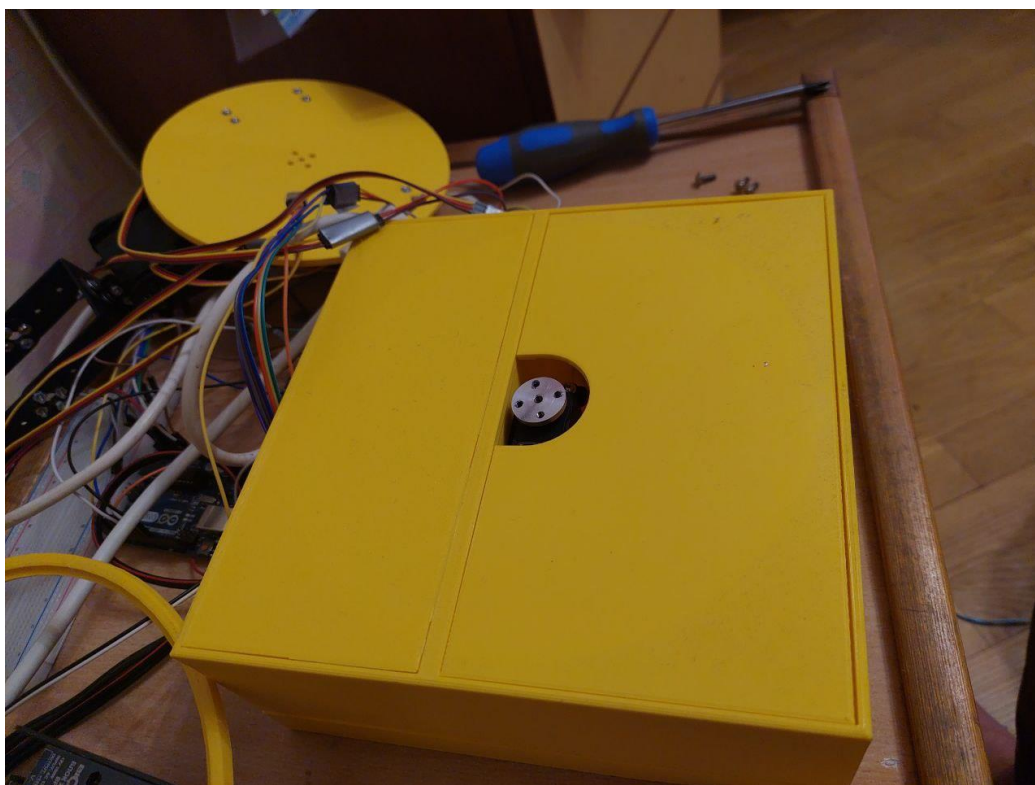


Рисунок 6.5 — Фотографія основи на момент зборки

На рисунку 6.6 наведено платформу, на якій безпосередньо встановлено наш маніпулятор. Отвори розраховано таким чином, щоб при вертикальному положенні маніпулятора центр маси був посеред платформи. Через отвори в центрі наша платформа кріпиться до валу двигуна.

					РІ91.421322.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		37

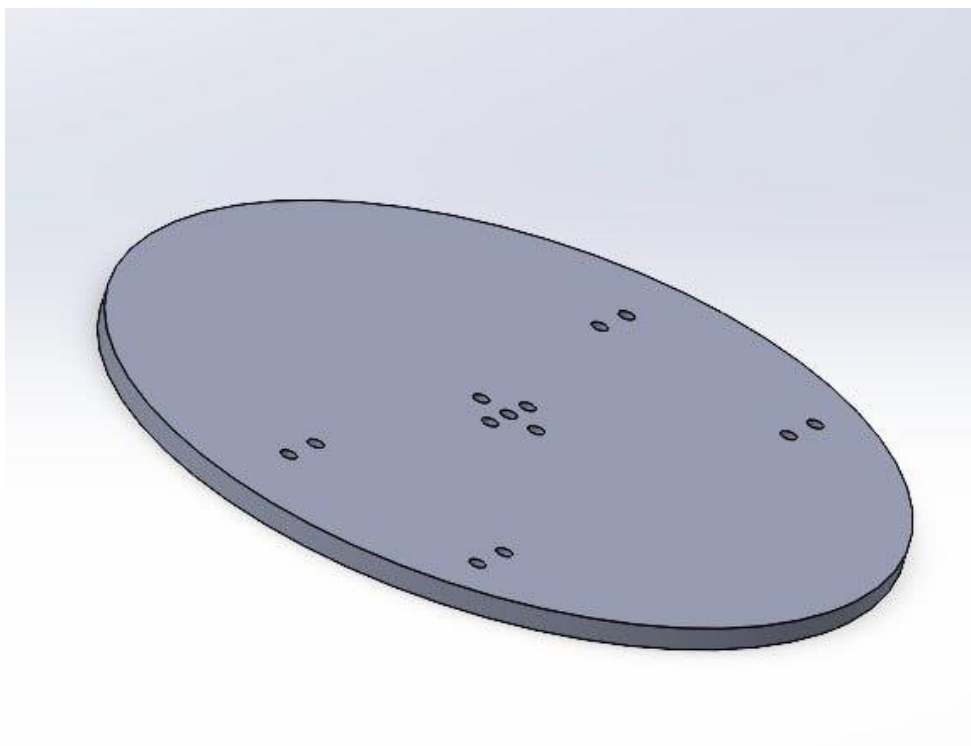


Рисунок 6.6 — Модель платформи

На рисунку 6.7 наведено складову, яка грає роль підшипника між платформою, на яку буде встановлено маніпулятор та основою з двигуном.

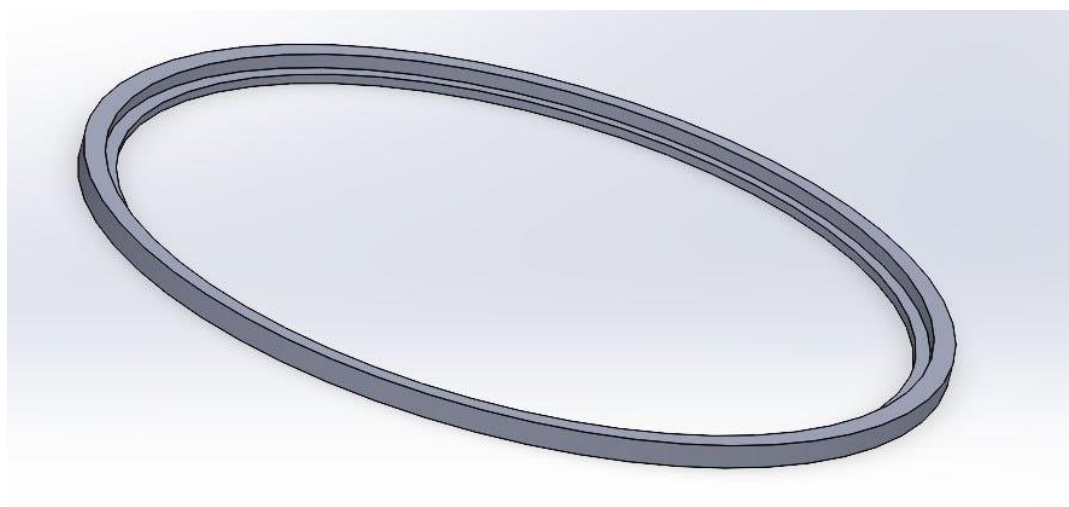


Рисунок 6.7 — Модель підшипного механізму

Повністю зібрана конструкція маніпулятора показана на рис. 6.8.



Рисунок 6.8 — Фотографія готового проекту

Маніпулятор успішно зібраний та підключений.

6.3 Висновки по розділу

У даному розділі було описано розробку корпусу для маніпулятора протезу, який включає основу платформи та металеві кріплення для робо-руки. У результаті розробки корпусу був отриманий маніпулятор протезу з легкою та компактною конструкцією. Це дозволяє зручно керувати маніпулятором за допомогою електроміографічних датчиків.

В цілому, розробка корпусу для маніпулятора протезу виконана успішно, і вона є важливим кроком у створенні функціонального та зручного протезного пристрою.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI91.421322.001 ПЗ

Лис

39

ВИСНОВКИ

Головною метою роботи було дослідити електроміографічні датчики та створити маніпулятор, який керується електроміографічними датчиками, здатний піднімати та переміщати предмети на відстань близько 50 см, а також здатного захоплювати та утримувати предмети в клішнях маніпулятора.

1. Було проведено огляд існуючих рішень, зокрема протезів з керуванням від електроміографічних датчиків, комерційних рішень на основі цього дослідження було поставлено задачі для дипломного проєкту.

2. Було проведено вибір мікроконтролера, електроміографічних датчиків та сервоприводів, розглянуті принцип роботи та правила використання електроміографічних датчиків MyoWare muscle sensor 2.0, а також вибір місця для встановлення датчиків та підключення їх до мікроконтролера. Також було обґрунтовано вибір сервоприводів та розглянуто підключення їх до системи.

3. Розроблене рішення силової схеми дозволяє забезпечити необхідним живленням всі складові частини проєкту.

4. Розроблене програмний код для маніпулятора, має 2 варіації: для програмування маніпулятора з керуванням від джойстиків та для програмування маніпулятора з керуванням від електроміографічних датчиків. Роботоздатність кодів відпрацьовано на макеті.

5. Було вибрано матеріал для корпусу та реалізовано його.

В підсумку, проєкт задовольняє поставленому завданню, було розроблено протез-маніпулятор, який керується електроміографічними датчиками. Цей протез здатний виконувати рухи піднімання, переміщення, захоплення та утримування предметів з заданою вантажопідйомністю та точністю. Результати роботи можуть бути використані для подальших досліджень та розробок у сфері протезування та робототехніки.

					PI91.421322.001 ПЗ	Лис
						40
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. DEKA bionic arm [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.wevolver.com/specs/deka.bionic.arm..>
2. Michelangelo hand [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ottobock.com/en-us/product/8E500>.
3. Raven II [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://robotsguide.com/robots/ravensurgical>.
4. Azdeco Covers [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://shop.openbionics.com/product/azdeco-covers/?v=3943d8795e03>.
5. Arduino Uno [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Uno>.
6. MyoWare 2.0. Quick Start Guide [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://myoware.com/wp-content/uploads/2022/03/MyoWare_v2_QuickStartGuide.pdf.
7. MyoWare 2.0. Advanced Guide [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://myoware.com/wp-content/uploads/2022/03/MyoWare_v2_AdvancedGuide-Updated.pdf.
8. MG996R Datasheet (PDF) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1131873/ETC2/MG996R.html>.
9. Tinkercad circuits [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.tinkercad.com/circuits>.
10. DC-DC понижающий преобразователь CV 1.25-30V, 12A, 200W [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://kiev.prom.ua/p497415115-ponizhayuschij-preobrazovatel-125.html?utm_source=google_pmax&utm_medium=cpc&utm_content=pmax&utm_campaign=Pmax_cpa_war_tehnika_i_elektronika&gclid=Cj0KCQiAiJSeBhCCARIsAHnAzT-6dSf0iijl_JYS9SF3s8SrZlZvUNjhzfIGyPNO9bL1RuO_Y60zeaMaAoz1EALw_wcB.

					<i>PI91.421322.001 ПЗ</i>	Лис
						41
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Блок живлення Professional 12V 100W BPU-100 8,3A [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://prom.ua/ua/p1508019255-blok-pitaniya-professional.html>.

					<i>PI91.421322.001 ПЗ</i>	Лис
						42
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		