

# ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Навчально-науковий інститут Інформаційних технологій

Кафедра комп'ютерної інженерії

## Пояснювальна записка

до бакалаврської роботи

на ступінь вищої освіти бакалавр

на тему: «Проектування наземного дрона сапера на базі Arduino  
ATmega328»

Виконав: студент 4 курсу, групи КІД-42  
спеціальності

123 Комп'ютерна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

Лисюк П.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник Лемешко А. В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

# ***1 АНАЛІЗ ДРОНІВ ЇХ ТИПІВ, СПЕЦІАЛІЗАЦІЇ ТА ВИКОРИСТАННЯ***

## **1.1 Що таке дрон**

Дрон - це різновид літального апарату. Дрон також відомий як безпілотний літальний апарат (БПЛА). Дрон є «безпілотним», тому що для керування ним не потрібен пілот. Людина на землі керує дроном. Деякі дрони керуються дистанційним керуванням. Інші керуються комп'ютерами. Деякі літають люди за тисячі миль. Дрони доступні в різних розмірах і формах. У багатьох є камери, які роблять фотографії або записують відео. Армія США використовує безпілотники з середини 1990-х років. З початку 2013 року багато людей почали керувати дронами заради розваги.

### **1.1.1 Історія дронів**

Військові використовують безпілотні літальні апарати протягом багатьох років. Під час громадянської війни (1861–1865) армії намагалися використовувати повітряні кулі, щоб скинути вибухівку у ворожі табори. Британський королівський флот створив транспортний засіб, схожий на безпілотник, у 1930-х роках. Пілоти використовували його для відпрацювання навичок стрільби.

Збройні сили США почали використовувати сучасні дрони в 1995 році. Військові вперше використовували дрони для збору інформації. Наприклад, за допомогою дрона можна знайти схованку ворога. На відміну від літака чи гелікоптера, дрону не потрібен пілот на борту. Люди, які керують дронами, можуть бути за тисячі миль від нас. З цієї причини дрони безпечніше літати над

небезпечними районами.

Пізніше армія США додала зброю до безпілотників. Вони почали використовувати дрони для нанесення ударів. Під час удару дрон веде вогонь зі своєї зброї по ворогу.

На початку 2013 року кілька компаній представили дрони для звичайних громадян. Люди могли купити власні дрони за кілька сотень доларів. Більшість цих дронів невеликі — розміром із підручник. Вони не дуже важкі. Ці дрони не мають зброї. Однак у деяких є камери, які роблять фотографії або записують відео. Люди купують дрони з багатьох причин.

### **1.1.2 Застосування дронів**

Дрони можуть бути корисними. Фермери використовують їх для перевірки полів і посівів. Пожежники літають безпілотниками над лісами, щоб перевірити лісові пожежі. Режисери можуть використовувати їх для запису сцен у фільмах. Вчені можуть запускати безпілотники під час великих штормів, щоб збирати інформацію про температуру та швидкість вітру.

Деякі компанії вважають, що дрони можуть допомогти розвивати їхній бізнес. Наприклад, Amazon і Walmart зацікавлені у використанні дронів для доставки товарів додому. Безпілотники можуть доставити товар за лічені хвилини. Людям не довелося б чекати, поки товар прибуде поштою. Інші компанії хочуть використовувати дрони для доставки їжі.

Безпілотні літальні апарати, більш відомі як дрони, мають різні розміри: від маленької іграшки до великого літака. Вони використовуються військовими для спостереження, а також цивільними для відпочинку.

Люди не завжди використовують дрони, щоб допомагати іншим. Деякі використовують дрони для порушення закону. Наприклад, люди намагалися

доставити речі ув'язненим у в'язниці за допомогою дронів. Люди запускали безпілотники над бейсбольними та футбольними стадіонами, що заборонено.

### **1.1.3 Проблеми з дронами**

Дрони стали дуже популярними. Однак вони викликають деякі проблеми. Багато людей не довіряють дронам. Вони думають, що дрони будуть записувати те, що вони роблять і говорять. Вони не хочуть, щоб дрони вторгалися в їх особисте життя. Коли в приватне життя людини втручаються, інші дізнаються про приватне життя людини.

Дрони можуть завдати шкоди майну. Власність - це те, що належить комусь. Будинки та автомобілі є прикладами власності. Багато людей втрачають контроль над дронами, керуючи ними. Безпілотники можуть врізатися в будинки або машини людей і завдати шкоди. Безпілотники, що вийшли з-під контролю, також можуть вражати людей і травмувати їх.

Інша проблема полягає в тому, що дрони можуть зіткнутися з іншими літаками. Їх може засмоктати двигун реактивного літака. Такі події можуть мати серйозні наслідки, особливо якщо в результаті розбитися вертоліт або літак. Уряд створив правила, щоб запобігти деяким із цих проблем.

### **1.1.4 Основні правила для дронів**

Всі польоти БПЛА вагою більше 2 кг підпадають під певні заборони або обмеження. Потрібно отримати дозвіл від Повітряних сил ЗСУ органів, Державної прикордонної служби України, органів об'єднаної цивільно-військової системи

організації повітряного руху, органів обслуговування повітряного руху та управління повітряним рухом тощо

Дрони до 2 кг можуть використовуватись за умови дотримання ряду обмежень. По-перше, польоти тільки вдень, до того ж польоти не виконуються над:

- Дорогами державного призначення
- Центральними вулицями міст, селищ та сіл
- Залізницями
- Над та вздовж ліній електропередач, продуктопроводів, крім тих випадків коли це узгоджено з власником об'єкта
- Біля промислових зон електростанцій, залізничних станцій, сховищ пального, нафти, газу, інших небезпечних речовин і рідин тощо
- Районами аварій та катастроф( окрім задіяних у ліквідації та пошуково-рятувальних роботах
- Зкладами виконання покарань, слідчих ізоляторів, крім польотів в інтересах адміністрації заданих установ.

Польоти не виконуються у:

- Зонах поліцейських антитерористичних і спеціальних операцій (за винятком задіяних в цих операціях)
- Зонах визначені для гарантування безпеки осіб, відносно яких здійснюється державна охорона

Польоти виконуються в межах прямої видимості, але не далу ніж 500м від зовнішнього пілота.

Максимальна висота польоти не вище 50м над поверхнею та тільки за умов візуальної видимості.

Польоти виконуються:

- Не ближче 30м від іншої особи, котра не пов'язана з цим польотом

- Не ближче 50м від групи людей до 12 осіб, котрі знаходяться за межами приміщень
- Не ближче 150м від груп людей більше за 12 осіб які знаходяться за межами приміщень

Порушення правил тягне за собою відповідальність: Статтею 111 Кодексу України про адміністративні правопорушення передбачено, що здійснення польотів з порушенням нормативно-правових актів, що регулюють авіаційну діяльність, тягне за собою накладення штрафу від 1020 до 8500 гривень. А якщо внаслідок використання дрона виникла небезпека для польотів то винна особа може бути притягнута до кримінальної відповідальності за ст.282 КК України

## **1.2 Основні типи дронів та їх призначення**

За середою використання дрони поділяють на чотири типи:

- Безпілотні літальні апарати (англійською Unmanned Aerial Vehicles скорочено (UAV))
- Безпілотні наземні апарати (англійською Unmanned Ground Vehicles скорочено (UGV))
- Безпілотний надводний апарати (англійською Unmanned Surface Vehicles скорочено (USV))
- Безпілотні підводні апарати (англійською Unmanned Underwater Vehicles скорочено (UUV))

### 1.2.1 Безпілотні літальні апарати

Безпілотні літальні апарати стають популярними та використовуються для різноманітних цілей із прискоренням темпів. БПЛА розгортаються в різних секторах, включаючи логістику, сільське господарство, дистанційне зондування, послуги бездротових точок доступу, програми для розумних міст і управління стихійними лихами. Зокрема, вони використовуються для спостереження за натовпом, публічних оголошень і дезінфекції громадських місць, щоб допомогти впоратися з пандемією COVID-19. Також розробляються методи використання законних дронів для відстеження та спостереження за підозрілими БПЛА. Вони були пешими безпілотними апаратами й отже отримали найбільшу кількість вдосконалень та типів для різних задач. Дрони також використовуються для різних військових завдань, таких як спостереження, відстеження цілей, бойові дії повітря-земля та багато іншого. Військові витрати США на БПЛА оцінюються приблизно в 17 мільярдів доларів США з 2017 по 2021 рік

Незважаючи на всі переваги БПЛА, вони не позбавлені вразливостей у безпеці. Навіть професійні БПЛА, які використовуються для критично важливих і чутливих завдань, таких як поліцейські операції та стеження за противником, як було показано, мають кілька вразливостей у безпеці. Якщо вони скомпрометовані, вони можуть бути використані злочинцями та терористичними організаціями для незаконного спостереження та безпілотних атак. Їх можуть дистанційно вимкнути, викрасти, забрати або вкрати. Недавні випадки атак БПЛА свідчать про те, наскільки вони можуть бути руйнівними. Взяти, наприклад, атаку на найбільший нафтопереробний завод Саудівської Аравії Saudi Aramco. Під час цієї атаки БПЛА були націлені на одне з об'єктів Saudi Aramco та успішно пошкодили його, знизивши видобуток приблизно на 5,7 мільйона барелів нафти на день, що становить близько 5 відсотків світового виробництва нафти. Все це однозначно вказує на необхідність технологій Anti-UAV.

Боротьба з БПЛА стосується процесу запобігання потенційним атакам БПЛА шляхом захоплення БПЛА або блокування його каналу зв'язку, щоб порушити схему його польоту, можливо, зупинити його на землі.

#### **1.2.1.1 Історія літальних дронів**

Історія літальних дронів почалася в середині 20 століття. Перші безпілотні автомобілі були розроблені у Великобританії та США під час Першої світової війни. Британський невеликий радіокерований літальний апарат Aerial Target був вперше випробуваний у березні 1917 року, тоді як американська повітряна торпеда, відома як Kettering Bug, уперше здійснила політ у жовтні 1918 року.

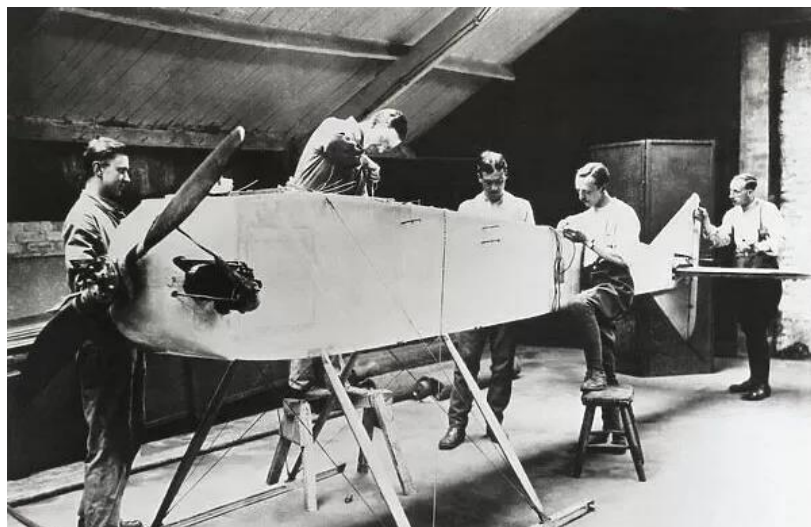


Рисунок 1.1 - Інженери працюють над безпілотником Raf-At Aerial-Target 1917 в ангарі у Фарнборо в 1917 році



Рисунок 1.2 - Повнорозмірна модель Kettering Bug на виставці в Національному музеї ВПС США в Дайні, штат Огайо

Хоча обидва показали багатообіцяючі результати під час льотних випробувань, жодна з них не використовувалася під час війни.

У міжвоєнний період тривала розробка та випробування безпілотних літальних апаратів. У 1935 році англійці виготовили ряд радіокерованих літаків, які використовувалися як мішені для навчальних цілей. Вважається, що термін «дрон» почав використовуватися в цей час, натхненний назвою однієї з цих моделей, DH.82B Queen Bee . Радіокеровані дрони також виготовляли в Сполучених Штатах і використовували для стрільби та навчання.

У 1935 році німецький інженер Вальтер Баумгартен створив безпілотний літальний апарат, який отримав назву "Фальк". Цей дрон був використаний німецькою армією під час Другої світової війни для бомбардування.

У 1950-х роках США почали використовувати безпілотні літальні апарати під час воєн у Кореї та В'єтнамі. У цих конфліктах були застосовані різні моделі дронів, що використовуються для розвідки, артилерійської підтримки та виявлення та знищення супротивника.

У 1970-х роках ізраїльські компанії почали використовувати безпілотні літальні апарати для виконання розвідувальних завдань та атак на території ворога. У 1980-х роках США почали використовувати дрони для моніторингу кордону між США та Мексикою.

З розвитком технологій безпілотної авіації дрони стали доступними і для цивільного використання. У 90-х роках почали з'являтися безпілотні літальні апарати, які використовуються в цивільній авіації для зйомки повітряних панорам та аерофотозйомки.

### **1.2.1.2 Класифікація БПЛА**

Індустрія безпілотних літальних апаратів є широкою та різноманітною.

Дрони були класифіковані на основі ваги, висоти та дальності, крил і гвинтів, а також їх застосування. Не існує єдиного класифікаційного стандарту в галузі.

На основі ваги:

- Нано: БПЛА вагою менше 250 г
- Мікро: БПЛА вагою понад 250 г і менше 2 кг
- Малі: БПЛА вагою понад 2 кг і менше 25 кг
- Середні: БПЛА вагою понад 25 кг і менше 150 кг
- Великі: БПЛА вагою понад 150 кг

На основі висоти та дальності:

- Ручні: БПЛА, які можуть літати на висоті менше 600 м і мають радіус дії менше 2 км.
- Близькі: БПЛА з висотою польоту менше 1500 м і дальністю польоту менше 10 км.
- НАТО: БПЛА з висотою польоту менше 3000 м і радіусом дії менше 50 км.
- Тактичні: БПЛА з висотою польоту менше 5500 м і дальністю польоту менше 160 км.
- MALE (Medium Altitude Long Endurance): БПЛА з висотою менше 9100 м і

радіусом дії менше 200 км.

- HALE (High Altitude Long Endurance): БПЛА з висотою понад 9100 м і невизначеною дальністю.
- Гіперзвукові: БПЛА з висотою близько 15200 м і дальністю понад 200 км.

На основі крил і роторів

- Фіксоване крило: БПЛА, які нагадують конструкцію літака з нерухомими крилами.
- Однороторний: БПЛА, які нагадують конструкцію гелікоптера з одним гвинтом і ще одним невеликим у хвості.
- Багатороторні: БПЛА, які мають більше одного ротора. Найчастіше зустрічаються трикоптери, квадрокоптери, гексакоптери та октакоптери.
- Гібридний VTOL з нерухомим крилом: гібридні БПЛА з більшим часом польоту. Вони мають стабільність БПЛА з нерухомим крилом, а також здатність зависати, злітати та приземлятися вертикально. Тут VTOL відноситься до вертикального зльоту та посадки.

#### **1.2.1.2.1 Детальніше про класифікацію на основі крил та роторів**

##### **Багатороторні дрони**

Безпілотники з декількома гвинтами є найпростішим і найдешевшим варіантом. Вони також забезпечують більший контроль над положенням і кадруванням, а отже, ідеально підходять для аерофотозйомки та спостереження. Їх називають багатороторними, тому що вони мають більше одного двигуна, частіше трикоптери (3 ротори), квадрокоптери (4 ротори), гексакоптери (6 роторів) і октакоптери (8 роторів), серед інших. На сьогоднішній день

квадрокоптери є найпопулярнішими багатороторними дронами.

Основна їхня перевага в кращому контролі під час польоту. Завдяки підвищеній маневреності він може рухатися вгору і вниз по одній вертикальній лінії, ззаду вперед, з боку в бік і обертатися навколо своєї осі. Може підлітати набагато ближче до конструкцій і будівель.

Однак є і недоліки вони мають обмежену витривалість і швидкість, що робить їх непридатними для великомасштабного аерофотокартування, тривалого моніторингу та дистанційної інспекції, наприклад трубопроводів, доріг і ліній електропередач. Вони принципово дуже неефективні та вимагають багато енергії лише для боротьби із гравітацією та утримання їх у повітрі. Завдяки сучасній технології батареї вони обмежуються приблизно 20-30 хвилинами, якщо перевозити легку камеру. Однак важкі мультиротори здатні нести більшу вагу, але в обмін на набагато коротший час польоту. Через необхідність швидкої та високоточної зміни дросельної заслінки, щоб підтримувати її стабілізацію, непрактично використовувати газовий двигун для живлення мультироторів, тому вони обмежені електричними двигунами. Отже, доки не з'явиться нове джерело живлення, ми можемо очікувати лише дуже незначного збільшення часу польоту.

В основному використовуються для: Візуальні перевірки, теплові звіти, фотографія та відеозйомка, 3D сканування.



Рисунок 1.3 – вигляд сучасних багатороторних дронів

## Безпілотники з фіксованим крилом

Дрон із нерухомим крилом має одне жорстке крило, яке виглядає та працює як літак, забезпечуючи підйомну силу, а не вертикальні підйомні ротори. Таким чином, цьому типу безпілотника потрібна енергія лише для руху вперед, а не для утримання в повітрі. Це робить їх енергоефективними.

Безпілотники з нерухомим крилом долають більші відстані, картографують набагато більші території та тривалий час спостерігаючи за своїми об'єктами інтересу. Середній час польоту становить пару годин. Але з більшою щільністю енергії палива (газовий двигун працює), багато БПЛА з нерухомим крилом можуть залишатися в повітрі протягом 16 годин або більше.

Цей тип дронів може літати на великій висоті, має більшу вагу та є більш поблажливим у повітрі, ніж інші типи дронів.

Безпілотники мають низку недоліків, вони можуть бути досить дорогими.

Як правило необхідне навчання для керування дронами з нерухомим крилом. Перший раз, коли ви запускаєте дрон з нерухомим крилом, ви повинні бути впевнені у своїх здібностях керувати польотом і повертатися до м'якої посадки. Безпілотний літальний апарат із нерухомим крилом завжди рухається вперед, і він рухається набагато швидше, ніж багатороторний, і тому ви можете не мати шансу перевести його в зависання. У більшості випадків для підняття безпілотника з нерухомим крилом потрібна пускова установка.

З нерухомим крилом політ – це лише початок. Сотні й тисячі зроблених зображень потрібно обробити та з'єднати в одне велике мозаїчне зображення. Після цього потрібно зробити ще багато чого, включаючи аналіз даних, наприклад обчислення обсягу запасів, підрахунок дерев, накладання інших даних на карти тощо.

Використовуються для: аерофотокартування, безпілотна зйомка – лісова/екологічна безпілотна зйомка, безпілотна зйомка трубопроводів, прибережна зйомка з БПЛА, сільське господарство, будівництво, забезпечення безпеки.



Рисунок 1.4 – вигляд дрона з фіксованим крилом

## Однороторні дрони

Однороторні типи дронів міцні та довговічні. За будовою та дизайном вони схожі на справжні вертольоти. Однороторний має лише один ротор, який схожий на одне велике обертове крило, плюс хвостовий ротор для контролю напрямку та стабільності.

Однороторний гелікоптер має перевагу набагато більшої ефективності порівняно з багатороторним, яка збільшується, якщо дрон працює на газі для ще більшої витривалості. Однороторний вертоліт дозволяє використовувати дуже довгі лопаті, які більше схожі на обертове крило, ніж на пропелер, що забезпечує високу ефективність. Якщо вам потрібно зависати з важким корисним вантажем (наприклад, повітряним лазерним сканером LIDAR) або поєднувати зависання з тривалою витривалістю чи швидким польотом вперед, тоді однороторний вертоліт справді найкращий вибір.

Вони створені, щоб бути міцними та довговічними. Типи однороторних безпілотників є складними та дорогими. Вони вібрують і не є такими стабільними чи поблажливими у разі поганого приземлення. Вони також вимагають значного

обслуговування та догляду через свою механічну складність. Довгі важкі обертові лопаті одного ротора можуть бути небезпечними.

Технічне використання: повітряне лазерне сканування lidar, безпілотна геодезія, перенесення важких корисних вантажів



Рисунок 1.5 – вигляд однороторного дрона

### **Гібридний VTOL з нерухомим крилом**

Гібридні типи дронів VTOL поєднують переваги конструкцій із нерухомим крилом і гвинтом. Цей тип дрона має ротори, прикріплені до нерухомих крил, що дозволяє йому зависати, злітати та приземлятися вертикально. Цю нову категорію гібридів лише декілька на ринку, але з розвитком технологій цей варіант може стати набагато популярнішим у найближчі роки. Одним із прикладів гібридного VTOL з нерухомим крилом є безпілотник Prime Air від Amazon.



Рисунок 1.6 - Унікальний гібридний безпілотник VTOL з нерухомим крилом, який використовує Amazon Prime Air

Автопілот може виконувати всю важку роботу з утримання дрона в стабільному стані, залишаючи людині-пілоту легше завдання керувати ним по небу. Гібридні дрони VTOL пропонують вам найкраще з обох світів – конструкції з нерухомим крилом і гвинтом. Вони ідеально підходять як для зависання, так і для польоту вперед. Зараз на ринку представлено лише кілька гібридних літаків VTOL з нерухомим крилом. Технологія, яка використовується в цих типах дронів, все ще знаходиться на стадії зародження.

### **Легший за повітря**

БПЛА легші за повітря — це такі літальні апарати, як дирижаблі та повітряні кулі. Ці транспортні засоби відрізняються тихою роботою та довговічністю. Завдяки тривалій польотній здатності ці апарати можна використовувати для спостереження та аерофотозйомки. Однак через недостатню маневреність ці системи зазвичай прив'язані. Прив'язка дозволяє користувачеві зберігати контроль і не дати БПЛА дрейфувати через вітер. У деяких системах прив'язка також може діяти як система зв'язку для завантаження та вивантаження

інформації з автомобіля.



Рисунок 1.7 – приклад дрону легшого за повітря

### **Flapping Wing (орнітоптер)**

Орнітоптер або «махаюче крило» використовує механіку польоту птахів як джерело живлення БПЛА. Ця технологія була використана військовими для розробки невеликого «пташиного» БПЛА, здатного вести спостереження. Однак у цієї технології є кілька недоліків. Одним із недоліків є відсутність часу польоту через надзвичайні вимоги до потужності, необхідні для механізму маятника. Ще один мінус – недостатня маневреність. Однак у міру розвитку цієї технології БПЛА-орнітоптери можуть ставати все більш популярними серед громадськості.

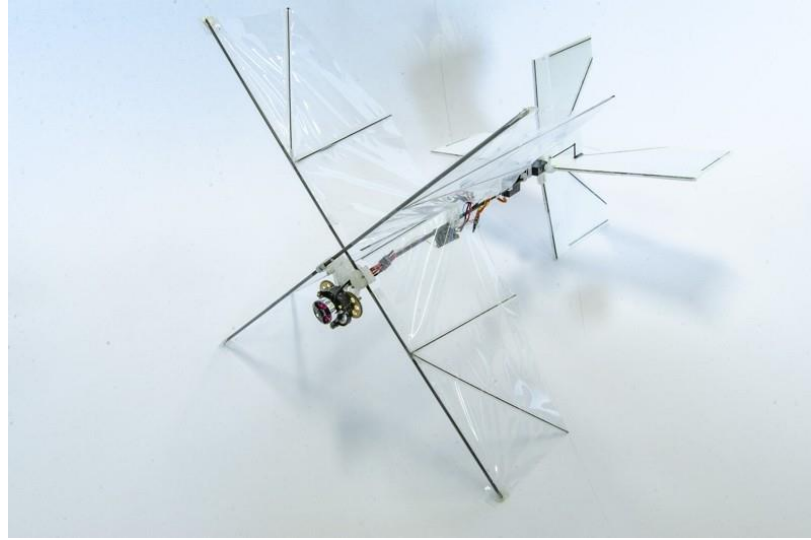


Рисунок 1.8 – приклад орноптерного дрона

### **1.2.2. Безпілотні наземні апарати**

Безпілотні наземні транспортні засоби (UGV) — це автономні або дистанційно керовані транспортні засоби, призначені для навігації та роботи в різних місцевостях і середовищах без необхідності фізичної присутності оператора на борту. UGV набувають все більшого поширення в різних галузях промисловості, таких як військова промисловість, сільське господарство та транспорт.

#### **1.2.2.1 Історія наземних дронів**

Історію UGV можна простежити до початку 1900-х років, коли транспортні засоби з дистанційним керуванням були вперше представлені для військових цілей. Ці машини в основному використовувалися для спостереження та розвідки.

Перша дистанційно керована машина, відома як «телетанк», була розроблена Радянським Союзом і використовувалася під час Зимової війни з Фінляндією в 1939-1940 роках. Телетанк являв собою танк, оснащений радіокерованою системою, яка дозволяла ним дистанційно керувати.



Рисунок 1.9 – вигляд телетанку

Під час Другої світової війни німці розробили «Голіаф», невелику гусеничну машину, яка могла нести вибухівку та дистанційно підривати.



Рисунок 1.10 - Британські солдати поруч з захопленими німецькими голіафами.

Американці експериментували з дистанційно керованим транспортним

засобом «Катідід», призначеним для розмінування полів.

Після Другої світової війни дистанційно керовані транспортні засоби продовжували розроблятися для військових цілей, зокрема для розвідки та спостереження. Однак лише в 1990-х роках UGV стали переважати у військових цілях, а війна в Перській затоці стала першим широкомасштабним використанням UGV у бойових діях. Збройні сили Сполучених Штатів використовували UGV для спостереження, розвідки та розмінування, серед інших завдань.

У наступні десятиліття UGV продовжували розвиватися та вдосконалюватись із додаванням нових технологій та можливостей. На початку 2000-х UGV почали використовувати в правоохоронних органах, де знешкодження бомб було одним із основних застосувань. Дрони також використовувалися в пошуково-рятувальних операціях і зусиллях з реагування на стихійні лиха, причому їх здатність працювати в небезпечних середовищах була значною перевагою.

Останніми роками дрони розширили застосування в цивільних цілях, включаючи сільське господарство, гірничу промисловість і будівництво. Вони використовуються для моніторингу врожаю, аналізу ґрунту та картографування шахт, серед інших завдань.



Рисунок 1.11 – вигляд сучасних наземних дронів

### 1.2.2.2 Класифікація UGV

Класифікація за розміром дрони можна класифікувати на малі, середні та великі транспортні засоби. Малі UGV зазвичай використовуються для розвідки та спостереження, тоді як середнього розміру використовуються для логістики та транспортних операцій. Великі дрони зазвичай розгортаються для важких завдань, таких як будівництво та земляні роботи.

Невеликі компактні та легко маневрують у вузьких місцях.

Безпілотники середнього розміру можуть перевозити припаси та обладнання на великі відстані.

Великі можуть перевозити важкі корисні вантажі та виконувати важкі завдання.

Однак малі мають обмежену вантажопідйомність і можуть перевозити лише легкі корисні вантажі.

Безпілотники середнього розміру можуть не підходити для пересіченої місцевості та екстремальних погодних умов.

Великі вимагають більше енергії та можуть бути дорогими в експлуатації.

Мобільність дронів можна класифікувати на основі способу їх пересування, наприклад, на колісних, гусеничних, ногових, опорних або гібридних.

Колісні UGV прості в експлуатації та обслуговуванні, і вони можуть рухатися на високих швидкостях по рівнинній місцевості.

Але колісні UGV можуть не підійти для пересіченої місцевості та крутих схилів



Рисунок 1.12 - приклад колісного наземного дрона

Гусеничні безпілотники можуть долати складну місцевість і долати перешкоди.

Гусеничні UGV можуть мати вищі вимоги до обслуговування та можуть бути повільнішими, ніж колісні UGV.



Рисунок 1.13 – приклад гусиничного наземного дрона

Ногі (legged) UGV можуть пересуватися по пересіченій місцевості та нерівній поверхні.



Рисунок 1.14 – приклад ногого наземного дрона



Рисунок 1.15 – приклад гібридного наземного дрона

UGV можуть бути розроблені для конкретних завдань, таких як розвідка, спостереження, матеріально-технічне забезпечення та бойові дії.

Вони призначені для місій розвідки та спостереження, можуть збирати розвіддані, не піддаючи людським життям ризику, призначені для логістичних і транспортних операцій, можуть перевозити запаси та обладнання на великі

відстані.

Дрони призначені для бойових дій, можуть виконувати завдання, надто небезпечні для солдатів-людей.

Проте UGV, розроблені для місій розвідки та спостереження, можуть мати обмежені можливості та не підходити для певних умов.

Апарати призначені для логістичних і транспортних операцій, можуть бути повільнішими за інші UGV і можуть мати обмежену вантажопідйомність.

Безпілотники, призначені для бойових дій, можуть бути дорогими для розробки та обслуговування.

За автономністю можна класифікувати залежно від їхнього рівня автономності, від телекерованих до повністю автономних.

Безпілотниками з дистанційним керуванням можна керувати з безпечної відстані, що зменшує ризик заподіяння шкоди операторам.

Напіваавтономні UGV можуть працювати в середовищах, надто небезпечних для людей, таких як мінні поля та сховища небезпечних відходів.

Повністю автономні можуть працювати без втручання людини, зменшуючи потребу в людських ресурсах.

Втім безпілотники з дистанційним керуванням можуть мати обмежену дальність і можуть потребувати постійної присутності оператора.

Напіваавтономні можуть бути не в змозі адаптуватися до несподіваних ситуацій і потребувати постійного нагляду.

Розробка повністю автономних може бути дорогою та мати обмежені можливості.

### **1.2.3 Безпілотний надводний апарати**

Безпілотне надводне судно (USV) — це тип плавзасобу, який працює без екіпажу на борту. Ці судна можна дистанційно керувати або працювати автономно

за допомогою попередньо запрограмованих інструкцій. Ці апарати стають все більш популярними для різноманітних морських застосувань завдяки своїй економічній ефективності, універсальності та безпеці.

USV можна використовувати в ситуаціях, коли робота людей небезпечна, наприклад, на мінних полях або в небезпечних середовищах.

Дрони можуть працювати протягом тривалого часу без необхідності дозаправки, що робить їх високоефективними для певних типів місій.

Можуть бути дешевшими в експлуатації та обслуговуванні, ніж традиційні пілотовані транспортні засоби.

Їх можна використовувати для різноманітних застосувань, включаючи військове, наукове та комерційне використання.

Але втім деякі USV можуть бути обмежені в здатності адаптуватися до мінливих умов або неочікуваних перешкод.

Для роботи потрібна передова технологія, розробка та обслуговування яке може бути дорогим.

Юридичні та нормативні питання під час експлуатації дронів можуть виникнути, особливо в комерційних або наукових цілях.

Вони можуть бути вразливими до кібератак або інших форм втручання, які можуть поставити під загрозу їх місію або дані.



Рисунок 1.16 – USV американських ВМС

### 1.2.3.1 Історія надводних дронів

Історія використання безпілотних транспортних засобів для військово-морських операцій почалося з часів Другої світової війни, коли Британський Королівський флот використовував безпілотні вибухові човни для нападу на ворожі судна. Однак концепція USV швидко розвивалася в 21 столітті завдяки прогресу в технології. На початку 2000-х американські військові почали розробляти USV для різних морських операцій, включаючи розвідку, розмінування та операції з боротьби з піратством.

У 2002 році Управління військово-морських досліджень ВМС (ONR) уклало контракт з оборонним підрядником Northrop Grumman на розробку безпілотного наземного транспортного засобу під назвою Remote Minehunting System (RMS). RMS був розроблений для виявлення та знешкодження підводних мін, які становили серйозну загрозу для кораблів ВМС США.



Рисунок 1.17 – вигляд Remote Minehunting System

У наступні роки інші оборонні підрядники, такі як Lockheed Martin і General Dynamics, також розробляли безпілотні надводні апарати для ВМС. Ці транспортні засоби були оснащені різноманітними датчиками та зброєю, включаючи гідролокатор, радар, камери та навіть ракети.

З часом безпілотники стають все більш важливою частиною операцій ВМС. Вони використовуються для різноманітних місій, включаючи розвідку, спостереження та виявлення мін. Крім того, вони можуть бути оснащені зброєю для ураження ворожих цілей, що робить їх ефективним інструментом для ведення морської війни.

Окрім військових цілей, безпілотники також використовувалися для наукових досліджень, моніторингу навколишнього середовища та комерційних цілей, таких як транспортування вантажів і морська розвідка нафти та газу.



Рисунок 1.18 – вигляд надводного дрона використовуваного для наукових цілей

### 1.2.3.2 Класифікація USV

USV з дистанційним керуванням: цими транспортними засобами дистанційно керує людина-оператор за допомогою контролера або джойстика. Вони зазвичай використовуються для завдань, які вимагають високого ступеня точності, наприклад підводні інспекції, екологічний моніторинг або наукові дослідження.

Плюси: людина-оператор може приймати рішення в реальному часі, а транспортним засобом можна керувати з безпечної відстані.

Мінуси: Радіус дії транспортного засобу обмежений дальністю керування оператора, і він вимагає кваліфікованого оператора.

Автономні USV: ці транспортні засоби попередньо запрограмовані набором інструкцій для виконання конкретної місії. Вони використовують такі датчики, як GPS, ехолот і камери, щоб орієнтуватися та уникати перешкод.

Переваги: вони можуть працювати тривалий час без втручання людини, а також можуть швидко й ефективно долати великі відстані.

Мінуси: вони можуть бути обмежені в здатності адаптуватися до мінливих умов або неочікуваних перешкод, і вони можуть вимагати частого обслуговування для забезпечення надійної роботи.

Гібридні USV: ці транспортні засоби поєднують у собі характеристики як дистанційно керованих, так і автономних. За потреби ними може керувати людина-оператор, але вони також мають можливість працювати автономно, коли це необхідно.

Плюси: вони пропонують гнучкість у своїй роботі та можуть адаптуватися до мінливих умов або неочікуваних перешкод.

Мінуси: вони можуть бути дорожчими для створення та обслуговування, ніж інші типи USV.



Рисунок 1.19 – Wave Glider SV3, це перший у світі гібридний безпілотний океанський робот, що працює на сонячній енергії

Поверхневі планери: ці USV використовують унікальну рухову систему для пересування по воді. Вони рухаються, змінюючи свою плавучість, що дозволяє їм ковзати по воді без традиційної силової системи.

Переваги: вони високоефективні та можуть працювати тривалий час без необхідності дозаправки.

Мінуси: зазвичай вони мають обмежену швидкість і можуть не підходити для певних типів місій.



Рисунок 1.20 – надводне судно Liquid Robotics Wave Glider

#### 1.2.4 Безпілотний підводні апарати

UUV означає безпілотний підводний апарат. Це тип роботизованого пристрою, призначеного для роботи під водою без людини-пілота на борту. Дрони можна використовувати для різних цілей, включаючи океанографічні дослідження, моніторинг навколишнього середовища, підводне картографування та зйомку, підводне дослідження та військові застосування, такі як протимінні заходи, збір розвідданих і спостереження. Вони зазвичай оснащені датчиками та камерами для збору даних про оточення, а також можуть мати маніпулятори або інші спеціалізовані інструменти для виконання конкретних завдань. Ними можна дистанційно керувати з берегової або надводної станції або їх можна запрограмувати на автономну роботу.

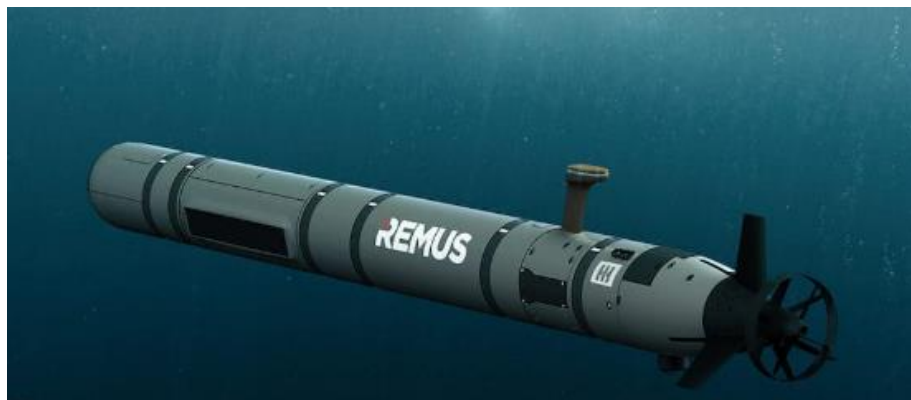


Рисунок 1.21 – приклад вигляду підводного дрона

#### 1.2.3.1 Історія підводних дронів

Безпілотні підводні апарати (UUV) або підводні дрони розробляються з

1950-х років, а перший апарат з дистанційним керуванням (ROV) був розроблений у 1953 році французьким винахідником Дімітрі Ребікоффом. Однак історію безпілотників UUV можна простежити до початку 2000-х років, коли ВМС США почали розробку автономних підводних апаратів (AUV) для військових цілей.

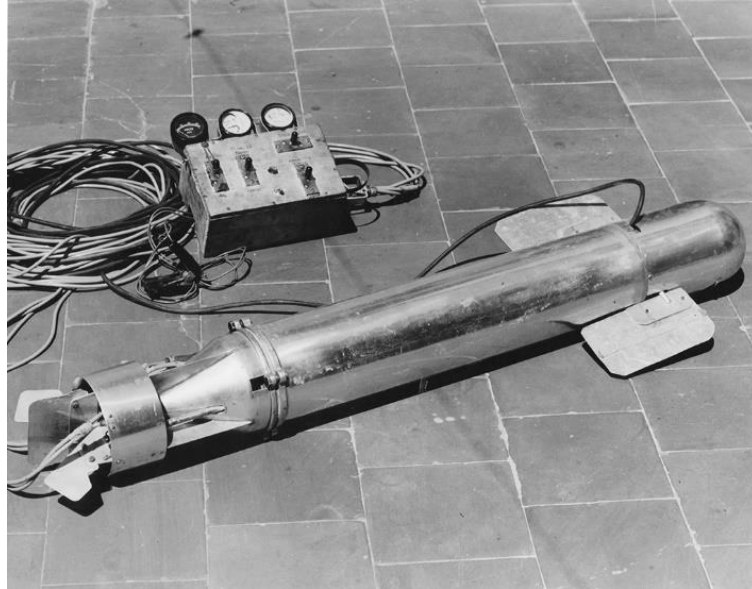


Рисунок 1.22 – підводний апарат для дайверів «Пегас»

У 2003 році ВМС США почали випробування Advanced Seal Delivery System (ASDS), безпілотного літального апарату UUV, який міг транспортувати морські котики до місця місії без надводного судна. ASDS був розроблений, щоб бути непомітним, швидким і здатним орієнтуватися на мілководді. Зрештою проект був скасований у 2006 році через технічні проблеми та перевитрати коштів.



Рисунок 1.23 – ASDS прикріплений до USS Greenville

У 2008 році ВМС США представили безпілотний підводний апарат великого діаметра (LDUUV), безпілотний літальний апарат безпілотного літального апарату, призначений для довготривалих місій на великі відстані. LDUUV був розроблений як модульний, що дозволяє налаштувати його для конкретних місій. Він також був розроблений для запуску та підняття з підводного човна, що робить його ідеальним для таємних операцій.



Рисунок 1.24 – вигляд безпілотного підводного апарата великого діаметра LDUUV Snakehead

В останні роки використання UUV вийшло за рамки військових застосувань. Безпілотники зараз використовуються для різноманітних цілей, включаючи океанографічні дослідження, підводні дослідження, моніторинг навколишнього середовища та розвідку нафти та газу. Такі компанії, як Ocean Infinity і Boeing, розробляють дрони, які можуть картографувати дно океану, знаходити підводні об'єкти та контролювати підводні трубопроводи.

Технологічний прогрес зробив безпілотники UUV більш ефективними та надійними, ніж будь-коли раніше. Сучасні дрони оснащені складними датчиками, камерами та навігаційними системами, які дозволяють їм працювати автономно протягом тривалого часу. Вони також здатні спілкуватися з іншими безпілотниками та з центрами управління на поверхні, що робить їх надзвичайно універсальними та адаптованими до широкого спектру завдань.

### **1.2.3.2 Класифікація UUV**

Дистанційно керовані транспортні засоби (Remotely Operated Vehicles ROV) ROV — це прив'язані UUV, якими керує оператор на поверхні. Вони зазвичай використовуються для глибоководних досліджень, підводного будівництва та обслуговування. ROV є дуже універсальними та можуть бути налаштовані для конкретних місій. Вони також здатні працювати в суворих умовах, таких як глибоководні гідротермальні джерела.

Плюси:

Висока маневреність і можливість налаштування

Може працювати в суворих умовах

Може використовуватися для широкого спектру застосувань, від наукових досліджень до військових операцій

Мінуси:

Обмежений радіус дії через необхідність прив'язки

Потрібен навчений оператор на поверхні

Може бути дорогим в експлуатації та обслуговуванні

Автономні підводні апарати (Autonomous Underwater Vehicles AUV)

AUV — це апарати, які працюють без втручання людини. Вони запрограмовані на виконання певних місій, таких як картографування дна океану або збір даних про морське життя. AUV можуть працювати протягом тривалого періоду часу, що робить їх ідеальними для місій на великі відстані.

Плюси:

Може працювати автономно, зменшуючи потребу в втручанні людини

Може працювати тривалий час

Може використовуватися для широкого спектру застосувань, від наукових досліджень до військових операцій

Мінуси:

Обмежена маневреність і налаштування

Обмежена здатність реагувати на зміни умов

Може бути дорогим в експлуатації та обслуговуванні

Гібридні підводні апарати (Hybrid Underwater Vehicles HUV)

HUV - це дрони, які можуть працювати як автономно, так і за допомогою дистанційного керування. Їх часто використовують для пошуково-рятувальних робіт, оскільки вони можуть швидко перемикатися між автономним і дистанційним режимами керування в залежності від ситуації.

Плюси:

Універсальний і адаптивний

Може перемикатися між автономним і дистанційним режимами керування

Може використовуватися для широкого спектру застосувань, від наукових досліджень до військових операцій

Мінуси:

Обмежений радіус дії в автономному режимі

Обмежена маневреність в режимі дистанційного керування

Може бути дорогим в експлуатації та обслуговуванні

Глайдери — використовують зміни плавучості для переміщення у воді. Вони розроблені таким чином, щоб бути високоенергоєфективними та можуть працювати протягом тижнів або навіть місяців. Планери часто використовуються для океанографічних досліджень і моніторингу навколишнього середовища.

Плюси:

Висока енергоєфективність

Може працювати тривалий час

Може використовуватися для широкого спектру застосувань, від наукових досліджень до моніторингу навколишнього середовища

Мінуси:

Обмежена маневреність

Обмежена здатність реагувати на зміни умов

Потрібна спеціальна підготовка для експлуатації та обслуговування

## ***2 ПРОЕКТУВАННЯ НАЗЕМНОГО ДРОНА***

### **2.1 Мікроконтролер ATmega328**

Мікроконтролер ATmega328 є популярним мікроконтролером, який широко використовується в різних вбудованих системах і роботах. Цей мікроконтролер заснований на архітектурі AVR і є високопродуктивним мікроконтролером з низьким енергоспоживанням.

Безпілотні наземні дрони сапери є типом дронів, які використовуються для виявлення та видалення мін. Ці безпілотники розроблені для роботи в суворих умовах, включаючи території, забруднені хімічними та біологічними агентами. Використання безпілотних літальних апаратів для виявлення та видалення мін має кілька переваг, зокрема підвищення безпеки, скорочення часу та вартості.

Мікроконтролер ATmega328 є ідеальним вибором для дронів саперів завдяки високій обчислювальній потужності та низькому енергоспоживанню. Мікроконтролер ATmega328 має 32 КБ флеш-пам'яті та 1 КБ пам'яті EEPROM, чого достатньо для керування різними датчиками та виконавчими механізмами, необхідними для дрона. Мікроконтролер також має 2 Кбайт SRAM, який можна використовувати для тимчасового зберігання даних.

Мікроконтролер ATmega328 має кілька вбудованих функцій, які роблять його придатним для додатків дронів. Він має 23 програмованих входу/виводу, які можна використовувати для взаємодії з різними датчиками та виконавчими механізмами. Мікроконтролер також має вбудовані таймери та канали ШІМ, які можна використовувати для керування швидкістю двигунів та інших приводів.

Одна з головних переваг використання мікроконтролера ATmega328 для безпілотників — низьке енергоспоживання. Мікроконтролер має режим вимкнення живлення, який можна використовувати для зменшення енергоспоживання, коли дрон не використовується. Ця функція є важливою для

безпілотників, які призначені для тривалої роботи, оскільки вона допомагає економити час автономної роботи.

Крім мікроконтролера ATmega328, дрон також потребує різних датчиків і приводів для виявлення та видалення мін. Ці датчики можуть включати модуль GPS, акселерометр, гіроскоп і магнітометр. Приводи можуть включати двигуни, сервоприводи та соленоїди. Мікроконтролер ATmega328 можна використовувати для взаємодії з цими датчиками та приводами та керування їх роботою.

Однак, як і будь-який пристрій, ATmega328 має свої обмеження. Одним із головних недоліків є відносно обмежена обчислювальна потужність. Хоча цього достатньо для більшості застосувань безпілотників, він може мати проблеми зі складнішими завданнями, такими як обробка зображень або машинне навчання.

Іншим потенційним недоліком є відсутність вбудованих комунікаційних інтерфейсів. Хоча пристрій має кілька вхідних і вихідних контактів, він не має вбудованих можливостей Wi-Fi або Bluetooth. Це означає, що користувачам потрібно буде додати зовнішні компоненти або використовувати інші пристрої, щоб увімкнути бездротовий зв'язок.

Незважаючи на ці обмеження, Atmel ATmega328P залишається популярним вибором для виробників дронів завдяки своїй універсальності, низькій вартості та простоті використання. Його здатність виконувати різноманітні завдання, включно з керуванням, зондуванням і обробкою даних, робить його чудовим варіантом для застосувань безпілотників, особливо для тих, хто має обмежений бюджет або тільки починає працювати в цій галузі.



Рисунок 2.1 – вигляд мікроконтролера ATmega328P

## 2.2 Радіокерування - Flysky FS-I6X

Радіоконтролери, або RC Controllers, роками використовуються моделями літаків, гелікоптерів, вездиходів і човнів.

Радіоконтролери зазвичай складаються з передавача та приймача, і зазвичай вони працюють на радіочастоті, яка не потребує ліцензування передавачів малої потужності. Ця частота може змінюватися залежно від країни, у якій вони сертифіковані для використання .

Старіші комбінації передавача/приймача використовували частоти в діапазоні МГц, наприклад діапазон 72 МГц для моделей літаків і діапазон 75 МГц для наземних транспортних засобів. Кожна з цих частотних смуг була розділена на окремі канали, і вам потрібно було знайти невикористаний, щоб керувати вашим літаком або транспортним засобом.

Зараз більш поширеним є використання радіоприймачів із «розширеним спектром» у діапазоні 2,4 ГГц. Використання технології розширеного спектру позбавляє від необхідності вибору каналу.

### **RX протоколи**

Термін який можна використовувати для двох різних аспектів системи радіокерування. Хоча «протокол» може стосуватися методу, який використовується для обміну даними між передавачем і приймачем, у цьому контексті він відноситься до портів на приймачі.

Найпоширенішим протоколом, який використовується на стороні приймача, є ШІМ (широтно-імпульсна модуляція), і він використовується майже повсюдно для керування серводвигунами та ESC.

Багато приймачів також мають послідовний інтерфейс, що дозволяє підключати кілька пристроїв без великої кількості кабелів. Протокол, який використовується на цьому порту, відрізняється від виробника.

Ось неповний список протоколів, які використовуються в деяких популярних приймачах:

- ШІМ (універсальний)
- PPM або CPPM (універсальний)
- SBUS (Futaba, Frsky)
- IBUS (Flysky)
- XBUS (JR)
- MSP (Multiwii)
- CRSF (TBS Crossfire)
- SPEKTRUM1024 (Spektrum DSM2)
- SPEKTRUM2048 (Spektrum DSMX)
- FPort (Frsky)
- SPI\_RX (універсальний)

Передавач/приймач, який я вибрав для своєї роботи Flysky FS-I6X . Це 6-канальний пристрій, який можна перетворити на 10-канальний за допомогою оновлення прошивки.

Цей пристрій працює в діапазоні 2,4 ГГц і забезпечує двонаправлений зв'язок між передавачем і приймачем. Він використовує «багатоканальне

перемикання» для перемикання між 16 доступними каналами між 2,408 і 2,475 ГГц.

Він також підтримує реалізацію iBUS Flysky для надсилання та отримання багатоканальних даних.



Рисунок 2.2 – вигляд контролера Flysky FS-I6X

Приймач, що входить до Flysky FS-I6X, є 6-канальним, FS-IA6B.

Цей пристрій має дві невеликі дрютяні антени, сім 3-контактних роз'ємів для пристроїв введення/виведення, а також два додаткових 3-контактних роз'єми, які використовуються для з'єднань передачі та отримання iBUS.



Рисунок 2.2 – вигляд приймача FS-IA6B

Один із семи 3-контактних роз'ємів на бічній панелі пристрою використовується як для введення живлення, так і для зв'язування приймача з передавачем. У нормальній роботі ви прикладаєте 4-8 вольт до контактів VCC і GND цього роз'єму. При прив'язці приймача потрібно закоротити «сигнальний» висновок на масу. Flysky надає перемичку, яку можна використовувати для цього.

Якщо ви використовуєте Flysky FS-I6X, вам потрібно переконаватися, що ви вмикаєте живлення приймача ПІСЛЯ передавача, це також стосується багатьох інших контролерів RC. Ви також повинні мати всі перемикачі у верхньому положенні, а регулятор газу (лівий джойстик) опустити до кінця. Обидві ці вимоги є запобіжними заходами, щоб уникнути некерованого транспортного засобу або такого, який запускається з запущеними двигунами.

За замовчуванням вихідні сигнали передавача налаштовані таким чином:

- Канал 1 – правий джойстик, лівий/правий
- Канал 2 – правий джойстик, вгору/вниз
- Канал 3 – лівий джойстик, вгору/вниз
- Канал 4 – лівий джойстик, лівий/правий

- Канал 5 – контроль VRA
- Канал 6 – контроль VRB



Рисунок 2.2 – знаходження каналів на контролері

Хоча ви можете використовувати майже будь-який мікроконтролер із дистанційним приймачем, вам потрібно пам'ятати, що виходи мають логічний рівень 5 вольт, тому, якщо ви використовуєте мікроконтролер, входи якого не терплять 5 вольт, вам потрібно буде додати конвертер рівнів.

### 2.3 виходи ШІМ та iBus

Одним із способів роботи з приймачем Flysky є зчитування виходу кожного окремого каналу з роз'єму «servo».

Контролер видає ШІМ, який за своєю власною природою спілкується шляхом маніпулювання шириною імпульсу. Ми можемо використовувати мікроконтролер, як Arduino, щоб вимірювати ширину імпульсу та інтерпретувати ці дані.



```
int ch3Value;
```

```
int ch4Value;
```

```
int ch5Value;
```

```
// Логічне значення для подання значення перемикача
```

```
bool ch6Value;
```

```
// Читання номера зазначеного каналу та перетворення на наданий діапазон.
```

```
Якщо канал вимкнено, повертаємо значення за замовчуванням
```

```
int readChannel(int channelInput, int minLimit, int maxLimit, int defaultValue)
```

```
{
```

```
    int ch = pulseIn(channelInput, HIGH, 30000);
```

```
    if (ch < 100) return defaultValue;
```

```
    return map(ch, 1000, 2000, minLimit, maxLimit);
```

```
}
```

```
// Читаємо канал перемикачання та повертаємо логічне значення
```

```
bool readSwitch(byte channelInput, bool defaultValue)
```

```
{
```

```
    int intDefaultValue = (defaultValue)? 100: 0;
```

```
    int ch = readChannel(channelInput, 0, 100, intDefaultValue);
```

```
    return (ch > 50);
```

```
}
```

```
void setup(){
```

```
// налаштуємо монітор
```

```
Serial.begin(115200);
```

```
// Встановіть усі контакти як входи
```

```
pinMode(CH1, INPUT);
```

```
pinMode(CH2, INPUT);
```

```
pinMode(CH3, INPUT);
```

```
pinMode(CH4, INPUT);
```

```
pinMode(CH5, INPUT);
```

```
pinMode(CH6, INPUT);
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
// Отримати значення для кожного каналу
```

```
ch1Value = readChannel(CH1, -100, 100, 0);
```

```
ch2Value = readChannel(CH2, -100, 100, 0);
```

```
ch3Value = readChannel(CH3, -100, 100, -100);
```

```
ch4Value = readChannel(CH4, -100, 100, 0);
```

```
ch5Value = readChannel(CH5, -100, 100, 0);
```

```
ch6Value = readSwitch(CH6, false);
```

```
// вивести на монітор
```

```
Serial.print("Ch1: ");
```

```
Serial.print(ch1Value);  
Serial.print(" | Ch2: ");  
Serial.print(ch2Value);  
Serial.print(" | Ch3: ");  
Serial.print(ch3Value);  
Serial.print(" | Ch4: ");  
Serial.print(ch4Value);  
Serial.print(" | Ch5: ");  
Serial.print(ch5Value);  
Serial.print(" | Ch6: ");  
Serial.println(ch6Value);  
  
delay(500);  
}
```

Ми починаємо з визначення шести вхідних з'єднань з приймача. Потім ми визначаємо п'ять цілих чисел для представлення значень з перших п'яти портів, оскільки це аналогові елементи керування.

Логічний стан каналу 6 представлено логічним значенням, оскільки тепер він відображається на комутаторі.

Тепер ми підходимо до двох функцій, `readChannel` і `readSwitch`, які я знайшов на GitHub.

`readChannel` має чотири входи:

Вхідний пін каналу

Мінімальне значення діапазону

Максимальне значення діапазону

Значення за замовчуванням

Значення Мінімум і Максимум дозволяють призначити діапазон для кожного

елемента керування . Вони можуть бути будь-якими дійсними цілими числами, включаючи від’ємні числа.

Значення за замовчуванням – це значення, яке буде застосовано, якщо виникнуть проблеми з читанням даних із приймача RC.

Серцем readChannel є функція `pulseIn` , яка вимірює ширину вхідного імпульсу. Дійсна ширина становитиме від 1000 до 2000 мікросекунд, і будь-який імпульс у цьому діапазоні буде зіставлено з діапазоном, визначеним Мінімумом і Максимумом.

`readSwitch` виконує ту саму функцію, за винятком того, що під час читання перемикача використовує логічне значення.

У циклі ми заповнюємо змінні значення каналу, викликаючи `readChannel` для кожного каналу.

Потім ми друкуємо значення наших змінних на серійний монітор. Після невеликої затримки ми робимо все заново.

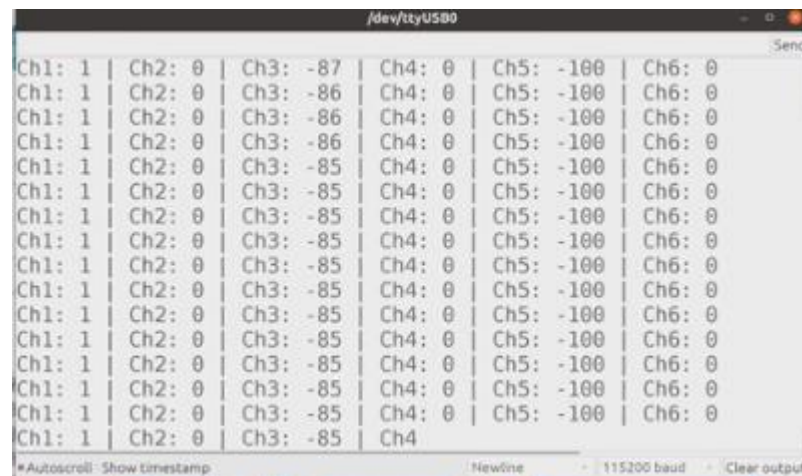


Рисунок 2.3 – результат тестування ШІМ

Перемикач SWA надасть значення 0 або 1, залежно від його положення. Все інше коливатиметься від -100 до 100, де нуль буде в центрі.

## Використання виводу iBus

Ще один спосіб отримання даних із приймача Flysky — через послідовне з'єднання iBus. Це має кілька переваг, не останньою є те, що для цього потрібен лише один дріт (плюс живлення та заземлення).

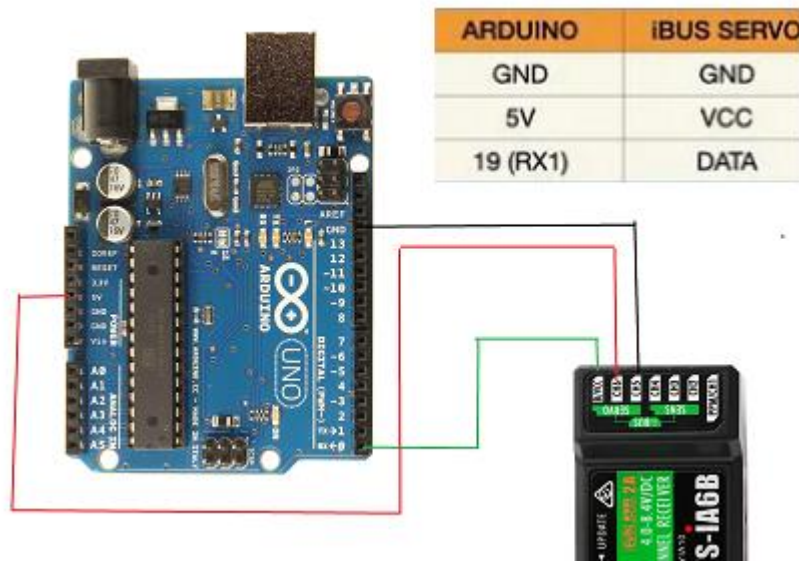


Рисунок 2.4 – підключення при використанні iBus

Данні підключаємо до RX — receive (приймаю).

Щоб спростити роботу з iBus, ми можемо скористатися перевагами бібліотеки, яка виконує більшість «важкої роботи» за нас.

Ми будемо використовувати бібліотеку iBusBM, яка працює як для Arduino, так і для ESP32. Її можна встановити всередині Arduino IDE за допомогою менеджера бібліотек.

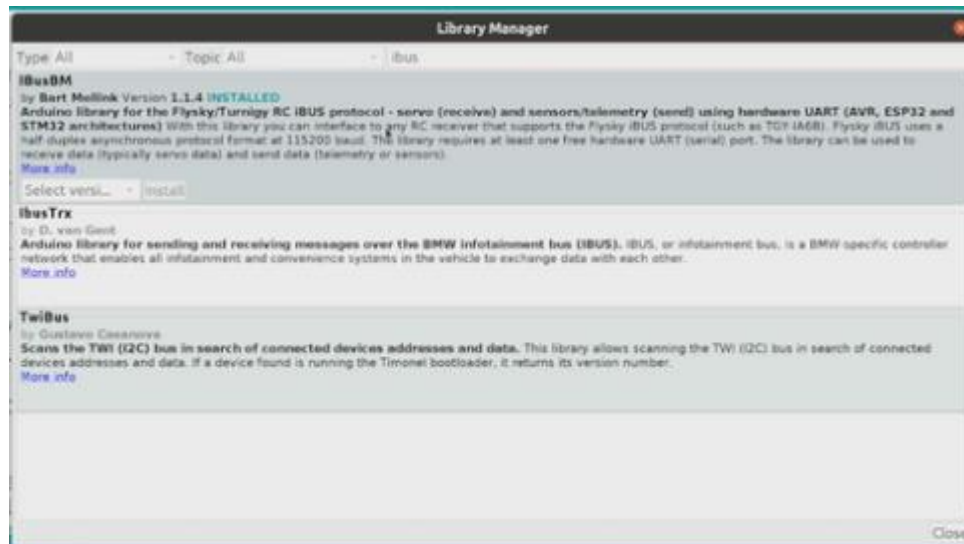


Рисунок 2.5 – вигляд бібліотеки зі списком iBus

Ескіз iBus

```
#include <IBusBM.h>
```

```
//створюємо iBus об'єкт
```

```
IBusBM ibus;
```

```
// Вважати номер даного каналу і перетворити на даний діапазон.
```

```
Якщо канал вимкнено, повертаємо значення за замовчуваннямиint
```

```
readChannel(byte channelInput, int minLimit, int maxLimit, int defaultValue)
{
```

```
uint16_t ch = ibus.readChannel(channelInput);  
if (ch < 100) return defaultValue;  
return map(ch, 1000, 2000, minLimit, maxLimit);  
}
```

// Прочитати канал і повернути логічне значення

```
bool readSwitch(byte channelInput, bool defaultValue) {  
    int intDefaultValue = (defaultValue) ? 100 : 0;  
    int ch = readChannel(channelInput, 0, 100, intDefaultValue);  
    return (ch > 50);  
}
```

```
void setup() {
```

```
    // запуском монітор
```

```
    Serial.begin(115200);
```

```
// Прикріпити об'єкт iBus до послідовного порту
```

```
    ibus.begin(Serial1);  
}
```

```
void loop() {
```

```
    // Проходимо першими 5 каналами і визначаємо значення
```

```
    Виводимо значення послідовний монітор
```

```

for (byte i = 0; i < 5; i++) {
    int value = readChannel(i, -100, 100, 0);
    Serial.print("Ch");
    Serial.print(i + 1);
    Serial.print(": ");
    Serial.print(value);
    Serial.print(" | ");
}

// Вивести логічне значення каналу 6 (перемикач)

Serial.print("Ch6: ");
Serial.print(readSwitch(5, false));
Serial.println();

delay(10);
}

```

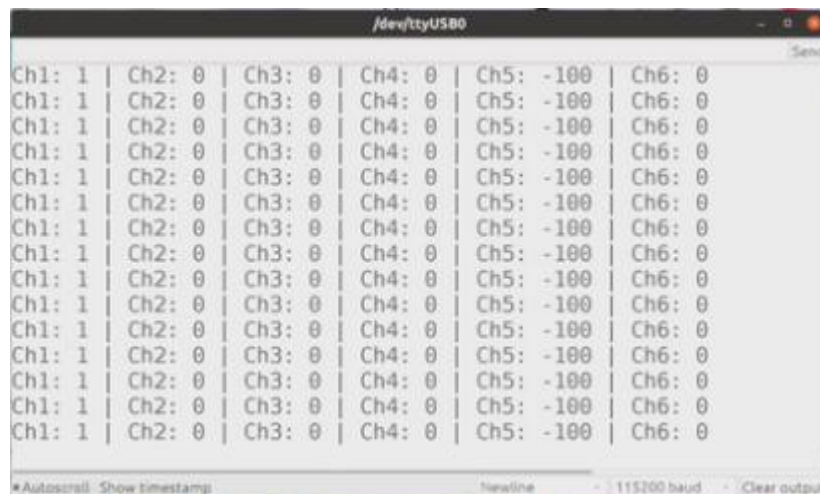


Рисунок 2.5 – тестування роботи iBus

## 2.4 Проєктування дрона

Дрон зможе працювати в двох різних «режимах»:

Звичайний режим – Використовуйте дві ручки, щоб керувати швидкістю та напрямком автомобіля

Режим обертання – машина обертається на одному місці, ви можете контролювати швидкість і напрямок обертання.

Перемикач, який зіставили з каналом 6, SWA, буде використовуватися для зміни режимів.

У звичайному режимі правий джойстик керує напрямком автомобіля та керуванням. Лівий джойстик контролює прискорення.

У режимі обертання потенціометр VRA (верхній лівий), який відповідає каналу 5, контролює напрямок обертання. Швидкість контролюється лівою ручкою.

Для живлення двигунів автомобіль використовуватиме контролер TB6612 H-Bridge .

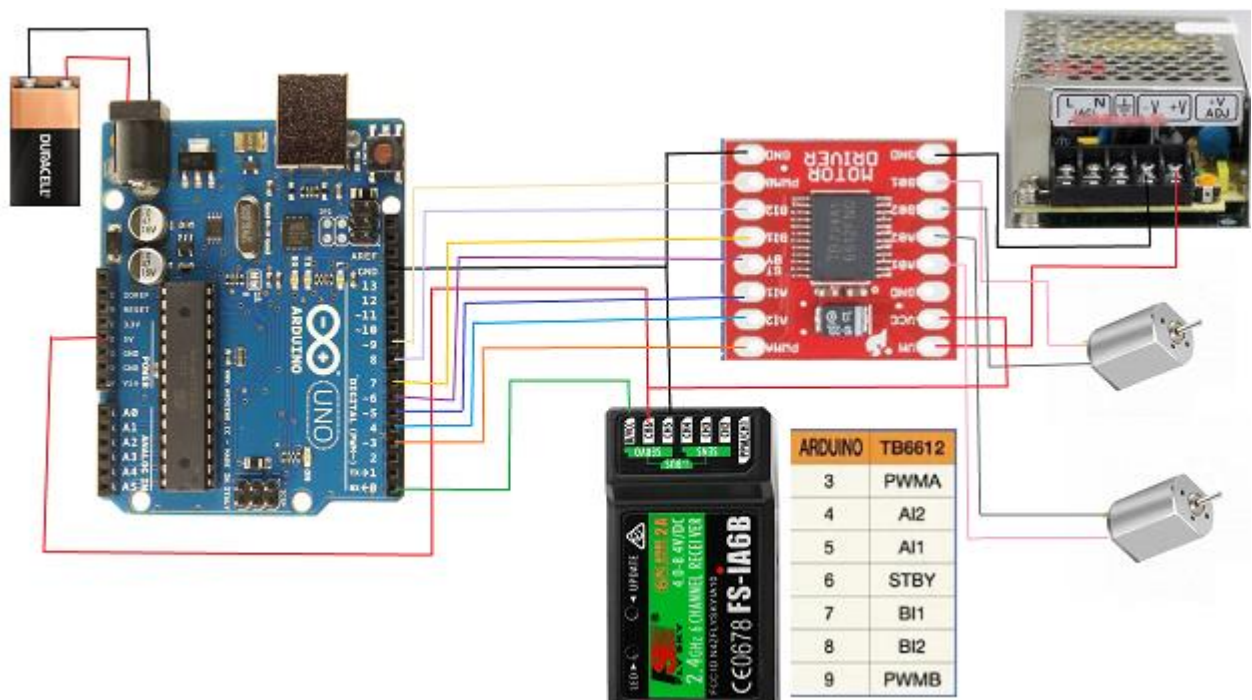


Рисунок 2.6 – підключення дрона

## Ескіз дрона

```
#include <IBusBM.h>
```

```
// Створення об'єкта iBus
```

```
IBusBM ibus;
```

```
// Значення каналів
```

```
int rcCH1 = 0; // Ліво право
```

```
int rcCH2 = 0; // Вперед - Назад
```

```
int rcCH3 = 0; // Прискорення
```

```
int rcCH5 = 0; // Контроль обертання
```

```
bool rcCH6 = 0; // Контроль режиму
```

```
// З'єднання керування двигуном А
```

```
#define pwmA 3
```

```
#define in1A 5
```

```
#define in2A 4
```

```
// З'єднання керування двигуном В
```

```
#define pwmB 9
```

```
#define in1B 7
```

```
#define in2B 8
```

```
// Підтримка каналу TB6612FNG
```

```
#define stby 6
```

```
// Значення швидкості двигуна починати з нуля
```

```
int MotorSpeedA = 0;
```

```
int MotorSpeedB = 0;
```

```
// Значення напрямку руху - 0 = назад, 1 = вперед
```

```
int MotorDirA = 1;
```

```
int MotorDirB = 1;
```

```
// Контроль двигуна A
```

```
void mControlA(int mspeed, int mdir) {
```

```
    // Визначити напрямок
```

```
    if (mdir == 0) {
```

```
        // Мотор назад
```

```
        digitalWrite(in1A, LOW);
```

```
        digitalWrite(in2A, HIGH);
```

```
    } else {
```

```
// Мотор вперед
```

```
digitalWrite(in1A, HIGH);  
digitalWrite(in2A, LOW);  
}
```

```
// Керування двигуном
```

```
analogWrite(pwmA, mspeed);
```

```
}
```

```
// Контроль двигуна B
```

```
void mControlB(int mspeed, int mdir) {
```

```
    // Визначити напрямок
```

```
    if (mdir == 0) {
```

```
        // Мотор назад
```

```
        digitalWrite(in1B, LOW);  
        digitalWrite(in2B, HIGH);  
    } else {
```

```
        // Мотор вперед
```

```
        digitalWrite(in1B, HIGH);
```

```

    digitalWrite(in2B, LOW);
}

// Керування двигуном

analogWrite(pwmB, mspeed);

}

// Зчитування номера даного каналу та конвертування у наданий діапазон.
Якщо канал вимкнено, повернути значення за умовчанням

int readChannel(byte channelInput, int minLimit, int maxLimit, int defaultValue) {
    uint16_t ch = ibus.readChannel(channelInput);
    if (ch < 100) return defaultValue;
    return map(ch, 1000, 2000, minLimit, maxLimit);
}

// Читання каналу та повернення логічного значення

bool readSwitch(byte channelInput, bool defaultValue) {
    int intDefaultValue = (defaultValue) ? 100 : 0;
    int ch = readChannel(channelInput, 0, 100, intDefaultValue);
    return (ch > 50);
}

void setup()

{

```

```
// Запуск монітора
```

```
Serial.begin(115200);
```

```
// Приєднати об'єкт iBus до послідовного порту
```

```
ibus.begin(Serial1);
```

```
// Встановити всі контакти керування двигуном на виходи
```

```
pinMode(pwmA, OUTPUT);
```

```
pinMode(pwmB, OUTPUT);
```

```
pinMode(in1A, OUTPUT);
```

```
pinMode(in2A, OUTPUT);
```

```
pinMode(in1B, OUTPUT);
```

```
pinMode(in2B, OUTPUT);
```

```
pinMode(stby, OUTPUT);
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
// Отримати значення для кожного каналу
```

```
rcCH1 = readChannel(0, -100, 100, 0);
```

```
rcCH2 = readChannel(1, -100, 100, 0);
```

```
rcCH3 = readChannel(2, 0, 155, 0);
```

```
rcCH5 = readChannel(4, -100, 100, 0);
```

```
rcCH6 = readSwitch(5, false);
```

```
// Вивід значень на монітор для налагодження
```

```
Serial.print("Ch1 = ");
```

```
Serial.print(rcCH1);
```

```
Serial.print(" Ch2 = ");
```

```
Serial.print(rcCH2);
```

```
Serial.print(" Ch3 = ");
```

```
Serial.print(rcCH3);
```

```
Serial.print(" Ch5 = ");
```

```
Serial.print(rcCH5);
```

```
Serial.print(" Ch6 = ");
```

```
Serial.println(rcCH6);
```

```
// Встановити швидкість за допомогою значення каналу 3
```

```
MotorSpeedA = rcCH3;
```

```
MotorSpeedB = rcCH3;
```

```
// Встановити режим зі значенням каналу 6
```

```
if (rcCH6) {
```

```
    // Режим обертання
```

```
// Отримати напрямок зі значення каналу 5
```

```
if (rcCH5 >= 0) {
```

```
    // За годинниковою стрілкою
```

```
    MotorDirA = 0;
```

```
    MotorDirB = 1;
```

```
    Serial.println("За годинниковою стрілкою ");
```

```
} else {
```

```
    // Проти годинникової стрілки
```

```
    MotorDirA = 1;
```

```
    MotorDirB = 0;
```

```
    Serial.println("Проти годинникової стрілки");
```

```
}
```

```
// Додати швидкість двигуна до значення каналу 5
```

```
MotorSpeedA = MotorSpeedA + abs(rcCH5);
```

```
MotorSpeedB = MotorSpeedB + abs(rcCH5);
```

```
} else {
```

```
// Нормальний режим
```

```
// Встановити напрямок вперед/назад за допомогою значення каналу 2
```

```
if (rcCH2 >= 0) {  
    MotorDirA = 1;  
    MotorDirB = 1;  
    Serial.println("Вперед");  
} else {
```

```
  
    MotorDirA = 0;  
    MotorDirB = 0;  
    Serial.println("Назад");  
}
```

```
// Додати швидкість каналу 2
```

```
MotorSpeedA = MotorSpeedA + abs(rcCH2);  
MotorSpeedB = MotorSpeedB + abs(rcCH2);
```

```
// Встановити зміщення вліво/вправо зі значенням каналу 1
```

```
MotorSpeedA = MotorSpeedA - rcCH1;  
MotorSpeedB = MotorSpeedB + rcCH1;  
}
```

```
// Переконалися, що швидкість становить від 0 до 255
```

```
MotorSpeedA = constrain(MotorSpeedA, 0, 255);  
MotorSpeedB = constrain(MotorSpeedB, 0, 255);
```

```
//Запуск моторів
```

```
mControlA(MotorSpeedA, MotorDirA);
```

```
mControlB(MotorSpeedB, MotorDirB);
```

```
// Друк значень швидкості на монітор для налаштування
```

```
Serial.print("Motor A Speed = ");
```

```
Serial.print(MotorSpeedA);
```

```
Serial.print(" | Motor B Speed = ");
```

```
Serial.println(MotorSpeedB);
```

```
// невелика затримка
```

```
delay(50);
```

```
}
```

Правий джойстик має діапазон від -100 до 100, вони контролюють напрямок і, певною мірою, швидкість.

Вертикальний рух лівого джойстика відображається від 0 до 155, це швидкість двигуна і додається до значень правого джойстика.

Регулятор VRA , який керує напрямком обертання та швидкістю, також встановлено в діапазоні від -100 до 100. Він використовується разом зі швидкістю лівого джойстика.

Оскільки обидва режими використовують зчитування з лівого джойстика, ми спочатку отримуємо це з каналу 3 і призначаємо його двом змінним швидкості двигуна.

Канал 6 зіставляється з нашим перемикачем, який керує режимом. Перевіряємо його значення, щоб визначити, в якому режимі ми перебуваємо.

Якщо ми перебуваємо в режимі обертання, ми використовуємо VRA (канал 5), щоб визначити, у якому напрямку обертати автомобіль. Додатні значення вказують за годинниковою стрілкою, а від'ємні – проти годинникової стрілки. Ми також додаємо значення до наших швидкостей двигуна, використовуючи функцію abs (абсолютна), щоб отримати додатне число.

Якщо ми перебуваємо в нормальному режимі, ми дивимося на значення каналу 2, вертикальний рух на правій ручці, щоб отримати свій розсуд. Ми також додаємо абсолютні значення швидкості до наших швидкостей двигуна.

Далі ми перевіряємо горизонтальний рух джойстика на каналі 1, щоб виконати керування. Потім ми застосовуємо поправку до швидкості двигуна.

Перш ніж запускати двигуни, ми використовуємо функцію обмеження, щоб переконатися, що значення залишаються між 0 і 255. Потім ми запускаємо двигуни за допомогою функцій, які ми визначили раніше.

## ***ВИСНОВКИ***

Наземні безпілотики стають все більш важливим і універсальним інструментом у різних сферах застосування, починаючи від військових операцій і закінчуючи цивільними завданнями. Завдяки своїй здатності маневрувати в небезпечних середовищах і виконувати завдання, які були б небезпечними або неможливими для людей, ці дрони відкрили нові можливості в широкому діапазоні сфер. Їхня універсальність також означає, що вони можуть бути оснащені різними датчиками та технологіями для виконання конкретних завдань, таких як спостереження, картографування та доставка. Оскільки технологія продовжує вдосконалюватися, можливості наземних дронів, ймовірно, збільшаться, що призведе до ще більшого потенціалу їх використання в різних сферах застосування.

Однак із зростанням використання дронів також виникають занепокоєння щодо конфіденційності, безпеки та безпеки. Повинні бути встановлені правила та вказівки, щоб забезпечити відповідальне та етичне використання цих дронів. Крім того, необхідно вжити заходів для запобігання їх нецільовому використанню та потенційній шкоді людям і майну.

Підводячи підсумок, хоча наземні дрони мають великий потенціал для підвищення ефективності та безпеки в різних сферах застосування, їх використання має бути збалансованим, ретельно враховуючи етичні, соціальні та безпекові наслідки. Загалом очевидно, що наземні дрони є цінним і потужним інструментом, який і надалі матиме значний вплив на багато аспектів нашого життя.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Sciencedirect [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/unmanned-aerial-vehicle> - Unmanned Aerial Vehicle
2. Jouav [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://www.jouav.com/blog/drone-types.html> - Different Types of Drones and Uses
3. Wikipedia [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Goliath\\_\(%D1%81%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D1%85%D1%96%D0%B4%D0%BD%D0%B0\\_%D0%BC%D1%96%D0%BD%D0%B0\)\\_-Goliath](https://uk.wikipedia.org/wiki/Goliath_(%D1%81%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D1%85%D1%96%D0%B4%D0%BD%D0%B0_%D0%BC%D1%96%D0%BD%D0%B0)_-Goliath) - Goliath
4. UST [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://www.unmannedsystemstechnology.com/2022/02/hybrid-uav-ugv-project-completed/> - Hybrid UAV-UGV Project Completed
5. Zentasrobots [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <http://zentasrobots.com/mx-phoenix-hexapod/> - The MX-Phoenix hexapod robot project
6. Asian military review [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://www.asianmilitaryreview.com/2022/01/rok-army-receives-new-hyundai-rotem-ugvs/> - RoK Army receives new Hyundai Rotem UGVs
7. USNI news [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://news.usni.org/2016/03/24/navys-remote-minehunting-system-officially-canceled-sonar-may-live-on> - Navy's Remote Minehunting System Officially Canceled, Sonar May Live On
8. Baird maritime [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://www.bairdmaritime.com/work-boat-world/specialised-fields/unmanned-craft-non-naval/vessel-refit-usv-dart-uks-south-devon-college-to-utilise-drone-for-maritime-training-purposes/> - USV DART – UK'S SOUTH DEVON COLLEGE TO UTILISE DRONE FOR MARITIME TRAINING PURPOSES

9. Gcaptain [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://gcaptain.com/floating-computer-high-seas/> - A Floating Computer For The High Seas
10. Military aero space [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://www.militaryaerospace.com/computers/article/16714826/what-is-the-liquid-robotics-wave-glider-unmanned-surface-vessel-usv> - What is the Liquid Robotics Wave Glider unmanned surface vessel (USV)?
11. Фокус[Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://focus.ua/digital/559498-podvodnye-bespilotniki-snova-interesny-voennym-chem-oni-mogut-pomoch-morskomu-flotu> - Подводные беспилотники снова интересны военным: чем они могут помочь морскому флоту
12. Defense advancement [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://www.defenseadvancement.com/news/new-uuv-unveiled-for-naval-special-operations-forces-missions/> - New UUV Unveiled for Naval & Special Operations Forces Missions
13. OscarLiang [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://oscarliang.com/rc-protocols/> - FPV Protocols Explained (CRSF, SBUS, DSHOT, ACCST, PPM, PWM and more)
14. Flysky [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://www.flysky-cn.com/fsi6x> - FS-i6X
15. Arduino [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://www.arduino.cc/reference/en/language/functions/advanced-io/pulsein/> - pulseIn()
16. GitHub [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://github.com/bmellink/IBusBM> - Ricardo Paiva
17. ЗБІРНИК №1 – «ПРОБЛЕМИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ» 2022 р., ст.18.