



Система ініціації заряду “ICARUS”

Версія FW: 0.2.0 HW: 1.0.0



Загальні відомості	2
Інтерфейси та інтеграція	2
Живлення	2
Тестування	3
Безпека	3
Індикація	3
Коди помилок	5
ТТХ системи	6
Вірогідність відмови	7
---	---



Установите Google Документы!

Вносите изменения, оставляйте комментарии и редактируйте файлы одновременно с другими пользователями.

НЕТ

УСТАНОВИТЬ ПРИЛОЖЕНИЕ

8
ми, керовані логічним

ми, керовані PWM 9

MIL-461 11

Загальні відомості

Система ініціації забезпечує генерацію запалювального імпульсу для заряду під час зіткнення з перешкодою. Під час зіткнення на систему діє гальмівне прискорення, яке вимірюється вбудованим акселерометром, який і приймає фінальне рішення про ініціацію. Перевага такого підходу — це швидкість спрацювання і незалежність від напрямку удару. При перевищенні порогового значення прискорення по будь-якій осі, система генерує запальний імпульс.

Система активується вийманням пластикової чеки з верхньої частини корпусу — вузької пластикової пластини, яка блокує підключення елементу живлення до системи. Одразу після виймання цієї чеки починається самотестування системи (див. нижче), але запал поки що фізично роз'єднаний з джерелом енергії.

Під час зльоту БПЛА своєю підйомною силою виймає червону картку-чеку безпеки, яка приєднує кола запалу до джерела енергії та одночасно каже системі, що відбувся зліт. Система починає відлік затримки безпеки з моменту зльоту, затримка становить 1 хв. Після затримки:

- Системи, не призначені для підключення до БПЛА одразу зводяться в бойове положення — заряджають бойовий конденсатор і починають очікування удару/струсу
- Системи, призначені для підключення до БПЛА дозволяють керування системою з польотного контролера; зведення таких систем можливе лише за командою з контролера

Інтерфейси та інтеграція

Окрім датчика прискорення система має сигнальний вхід для виносних контактів “вусів”, UART та вхід для PWM. Ці інтерфейси можуть використовуватися для віддаленого зведення/ініціації заряду через радіоканал керування БПЛА (з'єднання з польотним контролером), а також отримання зворотного зв'язку від системи на пульт керування, або навіть скасування місії. Можливе індивідуальне налаштування прошивки для інтеграції з будь-яким типом БПЛА.

Наразі наявні три типи готових систем:

- Системи без підключення до БПЛА
- Системи, керовані логічним рівнем через два проводи
- Системи, керовані PWM сигналом

Живлення

Система має індивідуальне живлення від батарейки AA. Час роботи від батарейки на бойовому зведенні — 8 годин.

Якщо батарея розрядилася, можна замінити її. В системі немає механічного захисту від переполюсовки, але є електричний. **Увага: спрацювання захисту від переполюсовки призводить до розігріву системи та батареї.** Якщо переполюсовка все ж сталася, дістаньте батарею і дайте системі охолонути. Після цього вставте батарею назад — система готова працювати.

Тестування

Система пройшла тестування на стійкість до ESD ($\pm 10\text{kV}$ Air discharge у відкриті порти) а також сканування на предмет випромінювання за стандартом MIL-461. У результаті тестів ESD мікропрограма припиняла роботу, але небезпечних відмов не було зареєстровано.

MIL-461 сканування показало відсутність випромінювання у діапазонах роботи систем зв'язку

БПЛА. * результати тестування див. у кінці документа

Окрім цього, система багаторазово проходила деструктивні тести з ударом об бетон з кінцевою швидкістю 80-100 км/год та прольоти на FPV дронах (тест на стійкість до вібрації).

Безпека

Система після підключення живлення проводить самотестування, зокрема перевіряється:

- Цілісність прошивки
- Напруга батареї та віддача струму
- Наявність червоної картки-чеки безпеки
- Робота перетворювача напруги
- Цілісність запалу
- Наявність акселерометра

Якщо хоча б один з пунктів не виконується, система припиняє тестування і видає код помилки у вигляді світлозвукового сигналу. Коди наведені нижче в цьому документі.

В системі існують чотири рівні безпеки, кожен з яких має бути неушкодженим на момент самотестування. В іншому випадку система не пройде тест.

Індикація

Для індикації станів система має два світлодіоди: червоний (FLT) і зелений(OK), а також піщик.

- Зелений світлодіод (OK) горить — успішно пройдено самотестування.
- Зелений світлодіод (OK) блимає — йде зворотній відлік до постановки на бойове зведення.

На початку самотестування система пищить протягом 5 секунд; це нормально, це робиться для навантаження батарейки.

Якщо самотестування пройшло успішно, піск лунатиме на початку, впродовж 5 секунд; **після чого засвітиться зелений світлодіод і пролунають три коротких піски**, що означатиме очікування запуску.

Під час очікування запуску система чекає на вийняття червоної картки-чеки безпеки. Після вийняття картки пролунає короткий піск, а зелений світлодіод почне блимати з частотою 4 Гц. Після хвилинної затримки, зелений світлодіод (OK) припинить блимати й система стане на бойове зведення і засвітиться червоний світлодіод біля роз'єму запалу.

Про бойове зведення система попереджає за допомогою червоного світлодіода небезпеки (HEATER) біля роз'єму запалу. В нормі, він блимне тільки раз, під час самотестування, а потім згасне. Якщо він горить і після самотестування, негайно відключіть запал від системи, а саму систему відправте назад постачальнику.

Якщо система не пройшла самотестування, вона почне блимати червоним світлодіодом (FLT) та синхронно піщати. **Довгий піск — десятки, а короткий — одиниці коду помилки.** Деякі помилки користувач може усунути самостійно, але деякі свідчать про незворотне пошкодження системи. Після будь-якої помилки можливо перезапустити тестування, просто відключивши батарею.

Коди помилок

Код помилки	Причина і усунення
CRC_ERROR(1)	Пошкоджена мікропрограма. Поверніть систему постачальнику.
BATTERY_TEST_ERROR(2)	Напруга батареї замала, або занадто висока. Замініть батарею. Кращий вибір - Alkaline AA.
SAFETY_SENS_ERROR(3)	Верхнє плече запалу під напругою. Відключіть запал і поверніть систему постачальнику.
SAFETY_SWITCH_ERROR(4)	Червона картка безпеки вийнята до самотестування або виникла проблема з перемикачем безпеки. Перевірте наявність картки та справність перемикача.
CAP_DEBOUNCE_ERROR(5)	На бойовому конденсаторі наявна напруга. Дістаньте батарейку, почекайте 5 хв і спробуйте знову. Якщо тест не проходить, поверніть систему постачальнику.
FUSE_ERROR(6)	Запал не підключений або наявний розрив у колі система-запал. Дістаньте батарейку, перевірте підключення, спробуйте знову.
SAFETY_SWITCH_MOVED_ERROR(7)	Червона картка безпеки вийнята до самотестування або виникла проблема з перемикачем безпеки. Перевірте наявність картки та справність перемикача. На момент самотестування картка повинна бути вставлена і не повинна вийматись.
BOOST_ERROR(8)	Підвищуючий перетворювач не працює. Дістаньте батарейку, вставте її, спробуйте знову. Якщо тест не проходить, поверніть систему постачальнику.
WEAK_BATTERY_ERROR(9)	Батарея розрядилася в ході самотестування. Замініть батарею. Кращий вибір - Alkaline AA.
IMU_ERROR(10)	Помилка акселерометра. Дістаньте батарейку, вставте її, спробуйте знову. Якщо тест не проходить, поверніть систему постачальнику.
PREARM_ERROR(11)	Батарея розрядилася в очікуванні зльоту. Замініть батарею. Кращий вибір - Alkaline AA.
DISCHARGE_ERROR(12)	Система розрядки бойового конденсатора не працює.
EXT_LINK_WARNING(13)	Немає зв'язку з польотним контролером. Перевірте підключення і живлення контролера БПЛА, налаштування GPIO, каналів PWM. Після усунення проблеми програма продовжить виконання.
START_CONFIG_WARNING(14)	Неправильна польотна конфігурація. Зовнішнє керування повинно бути в стані DISARMED. Після усунення проблеми програма продовжить виконання.

Характеристика	Значення
Маса плати	13 г без батареї; 36 г з батареєю
ДхШхВ плати	71х25.5х18 мм з батареєю
Маса системи в корпусі	70 г
ДхШхВ системи в корпусі	
Температурний діапазон	-20...+60°C
Напруга живлення	1.2...1.5 В
Споживання струму	800 мА у режимі тестування батареї 300 мА у режимі бойового зведення 80 мА у режимі очікування
Час роботи від батареї AA ()	>10 годин у режимі очікування 8 годин у режимі бойового зведення
Інтерфейси	1 x UART; 1x PWM; 1 x вхід контактів "вуса" Логічний рівень 3.3...5 В
Індикація	2 світлодіоди; піщик; світлодіод "небезпека"
Кількість ступенів захисту	4 (2 транзистори; 1 механічний перемикач; 1 гальванічна розв'язка від батареї)
Струм перевірки запалу	1.65 мкА
Напруга імпульсу ініціації	12...16 В
Енергія імпульсу ініціації	70 мДж
Опір запалу	1...32 Ом
Час спрацювання від дії удару	300...1000 мкс
Час спрацювання від "вусів"	1000 мкс

Вірогідність відмови

Ми зробили все можливе, щоб уберегти вас від хибних спрацювань. Але вірогідність такого спрацювання залишається у будь-якій системі. Не слід довіряти людям, які стверджують про 100% надійність своїх виробів: скоріше за все цей параметр вони навіть не рахували.

Вірогідність відмови з негайною детонацією (після підключення живлення) складає 0.000 000 000 000 002%. Якщо ви не приймаєте цю вірогідність, не використовуйте систему.

Монтаж системи на БПЛА

Система ініціації налаштована на спрацювання від прискорення, вище ніж 16g. Тести вказують, що навіть при невеликих ударах такі прискорення легко досягаються, окрім цього, вібраційні прискорення на БПЛА з погано збалансованими пропелерами також можуть перевищити цей поріг.

Аби зменшити ймовірність хибного спрацювання, в корпусі плата закріплена на амортизаторах, аби загасити вібраційні прискорення від моторів та пропелерів БПЛА. Але всі ці зусилля будуть марними, якщо система неправильно закріплена на БПЛА.

Підбираючи місце розташування системи, **треба подумати, як діятимуть гальмівні прискорення під час зіткнення, адже система спрацює не миттєво, а з затримкою.**

Наприклад, **не бажано розташовувати систему та проводи ініціатора в носовій частині БПЛА, адже** при такому розташуванні **система/дріт буде миттєво знищена ударом і не встигне згенерувати імпульс.** Також, **заборонено розташовувати систему на промені рами квадрокоптера**, бо в цьому випадку вібрації мотора і гвинта дуже сильно збільшують вірогідність хибного спрацювання системи в польоті.

Також, не варто залишати проводи запалу натягнутими: гальмівним прискоренням вони можуть бути вирвані з роз'єму. Найкраще рішення тут - залишити запас проводів між ініціатором і системою, навивши їх спіральками на тонкий об'єкт, наприклад на олівець/ручку.

Для того, щоб система правильно працювала, її треба закріпити так, щоб вона не рухалася відносно рами/фюзеляжу БПЛА, не бовталася в польоті та не билася о розташовані поряд частини (відповідно, аби ці частини не билися о неї). Наприклад, треба прослідкувати, щоб антени та конектори батарей не вдарили систему під час маневрування в польоті, саму ж систему краще розташувати на заряд, підклавши пінну прокладку, що покращить віброізоляцію.

Роз'єми системи (вуса та вихід запалу) розраховані під такі типи проводів:

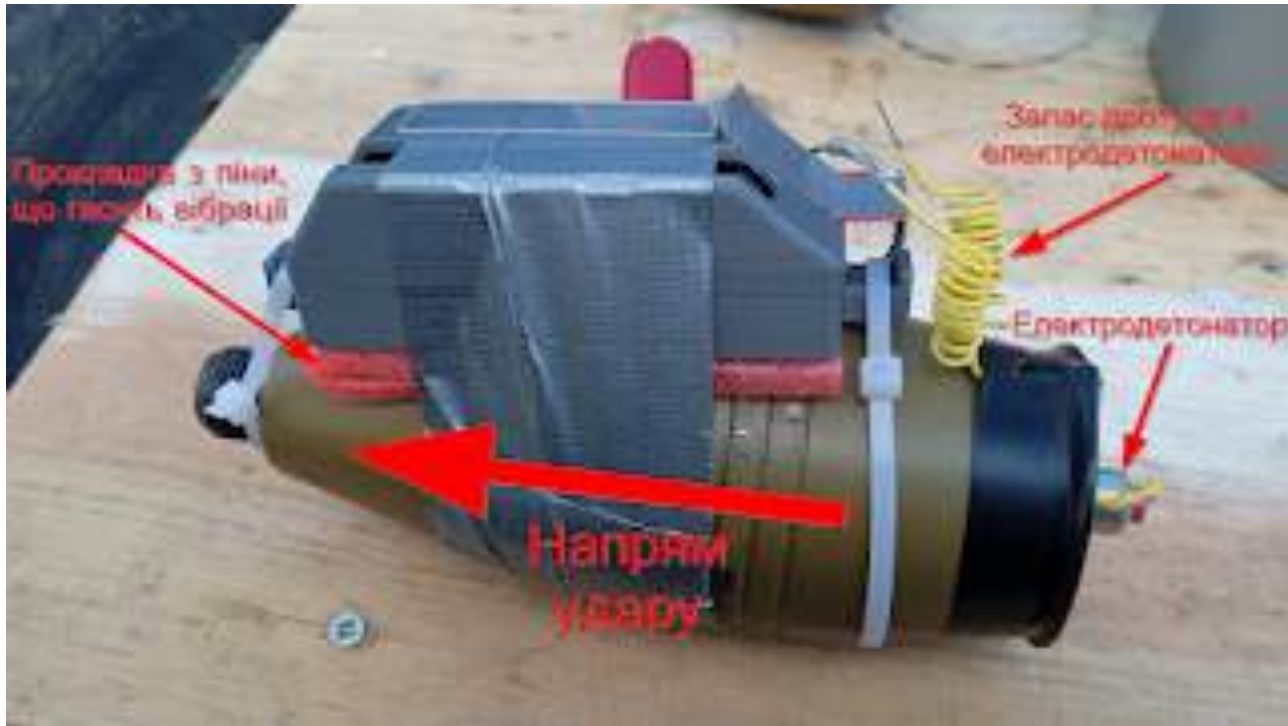
- Одножильний: 0.14~0.5 кв.мм
- Багатожильний: 0.2~0.5 кв.мм

Приклад підготовки системи до бойового вильоту

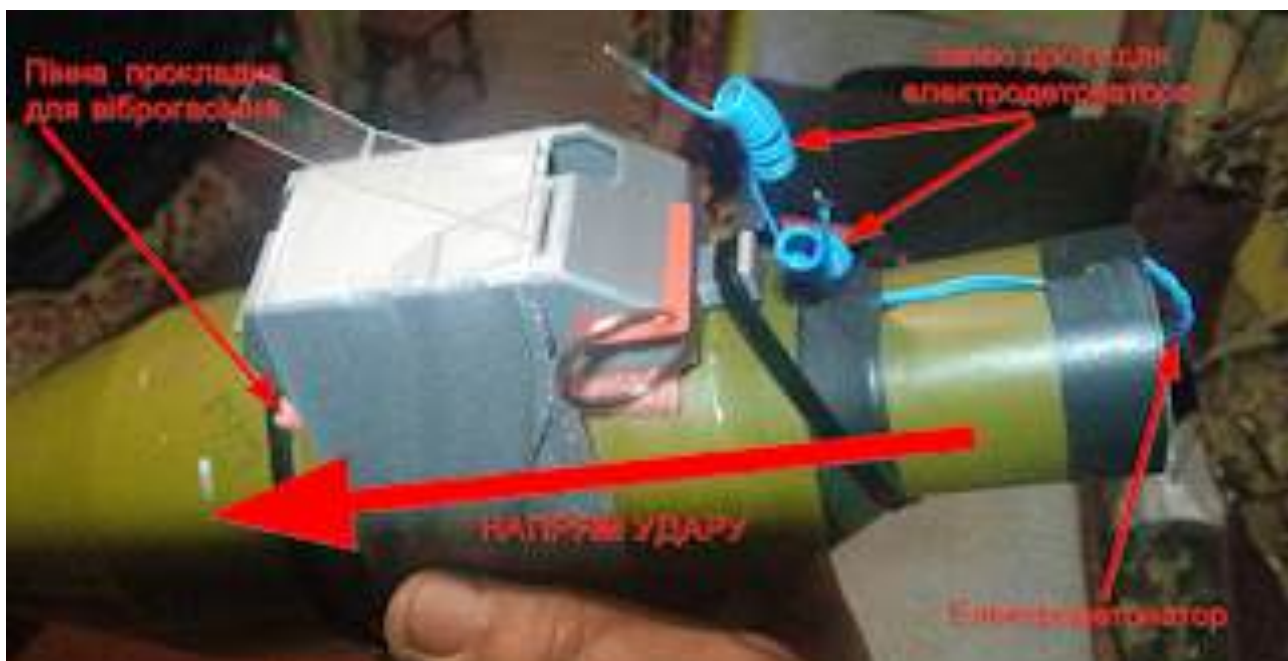


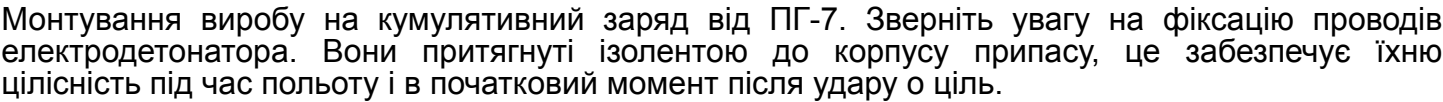


Прокладка з піни для гасіння вібрацій (йде в комплекті з виробом)

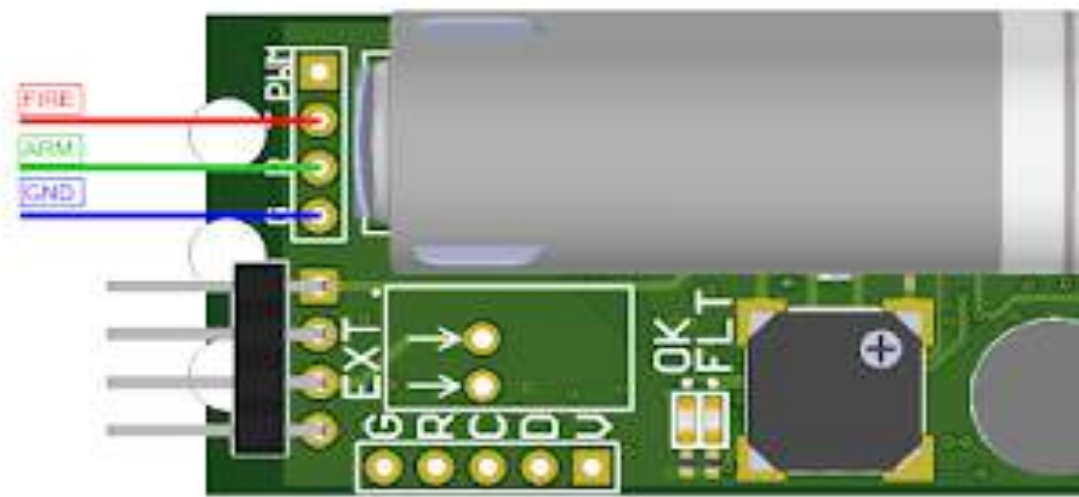


Монтування виробу на заряд від 82мм міни. Скотч і стяжки тримають систему на корпусі заряду. Зверніть увагу на розташування роз'єму детонатора - він розвернутий назад від напрямку удару. Сам же детонатор також знаходиться у хвостовій частині боєприпасу.





Вигляд плати та розташування ключових елементів



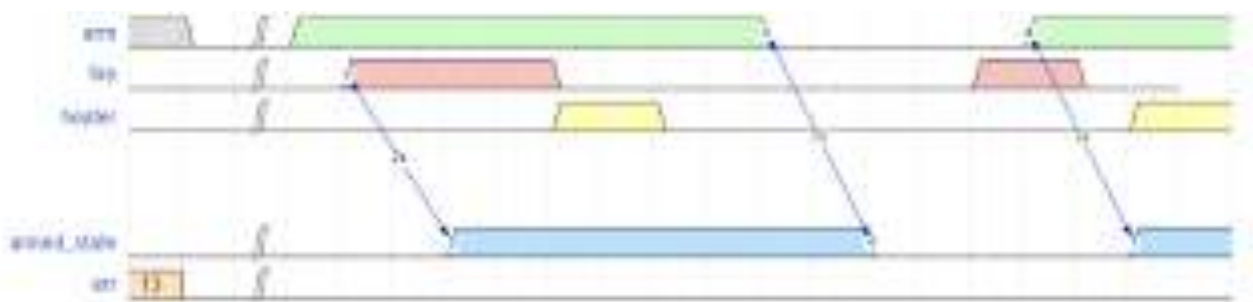
Для з'єднання з польотним контролером використовується інтерфейс з двох CMOS-пінів, толерантних до 5 В, та земляного піна.

Сигнал ARM - використовується для постановки на бойове зведення. Після тайм-ауту, система може бути поставлена на бойове зведення високим рівнем на цьому піні. Так само, вона може бути знята з бойового зведення подачею низького рівня на цей піні. Для активації, сигнал ARM повинен бути активним принаймні 2 секунди. Якщо не витримати цю паузу і відразу активувати низьким рівнем сигнал FIRE, зведення не відбудеться. **Після подачі низького рівня на вивід ARM плата зніметься з бойового зведення через 2 секунди.**

Сигнал FIRE - використовується для активації заряду. Під час очікування постановки на бойове зведення повинен мати високий рівень.

Якщо під час очікування зведення в бойову готовність (до викидання червоної картки безпеки) вивід FIRE матиме заздалегідь низький рівень, система видасть попередження 14 і подальша робота алгоритму буде заблокована до постановки FIRE у високий рівень.

Якщо система знаходиться у зведеному стані, вибух відбудеться за низьким рівнем на виводі FIRE.



Інтерфейс з'єднання з польотним контролером — системи, керовані PWM

Системи, керовані PWM, приєднуються до польотного контролера за допомогою двох проводів — сигнального і земляного. Ці проводи підключаються до польотного контролера, на канал PWM, призначений для сервоприводу або ЛЕДа. Для успішного проходження самотестування на каналі треба встановити початкове значення PWM 50Гц, довжина імпульсу 1000 мкс.

Керуючись по одному проводу, система має три рівні PWM - сигналу, які відповідають наступним станам:

- 1000 мкс — стан спокою **DISARMED**
- 1500 мкс — бойове зведення **ARMED**
- 2000 мкс — підрив **FIRE**

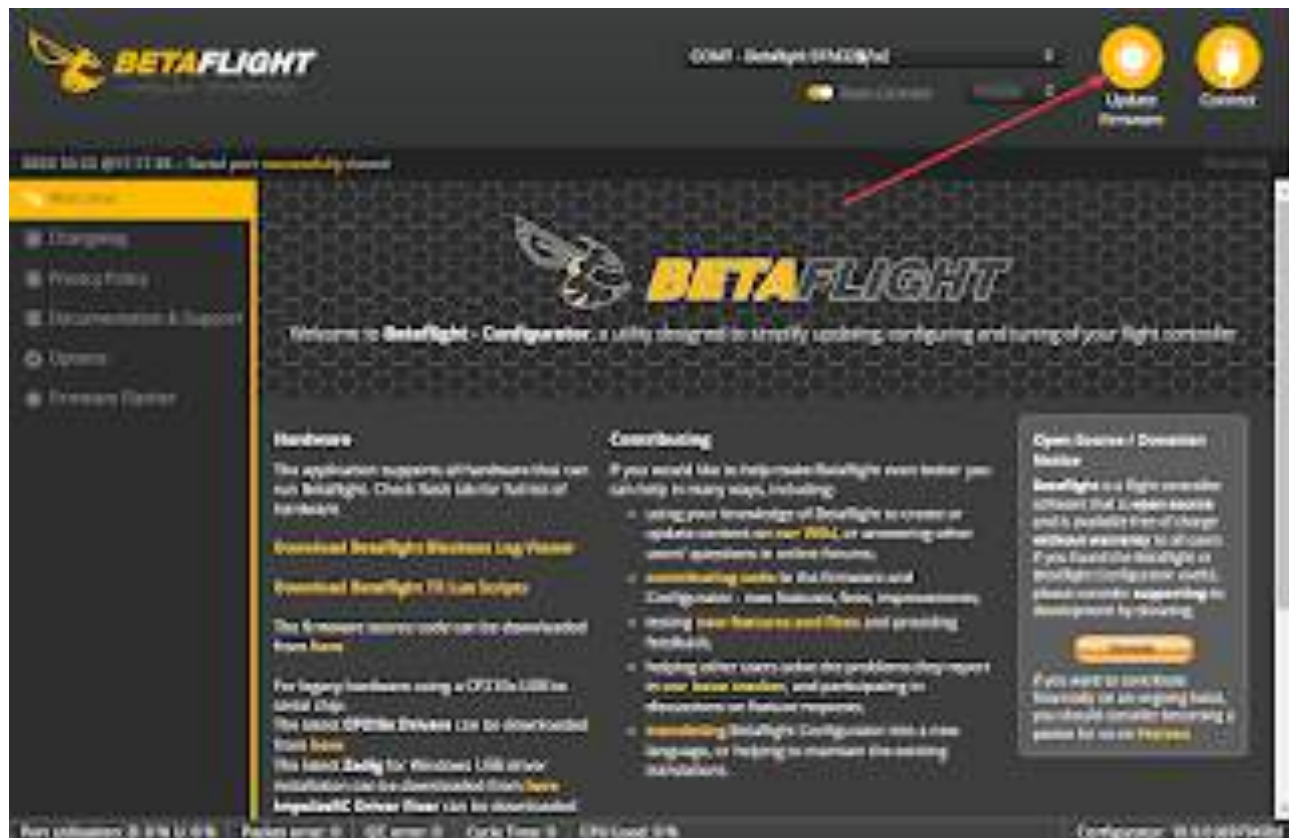
На пульті ці сигнали PWM призначаються на трипозиційний тумблер.

Якщо система стартує з сигналом для бойового зведення або підриву, вона буде показувати попередження 14. В такому випадку треба повернути перемикач на пульті в положення спокою (<1000 мкс), аби скинути попередження.

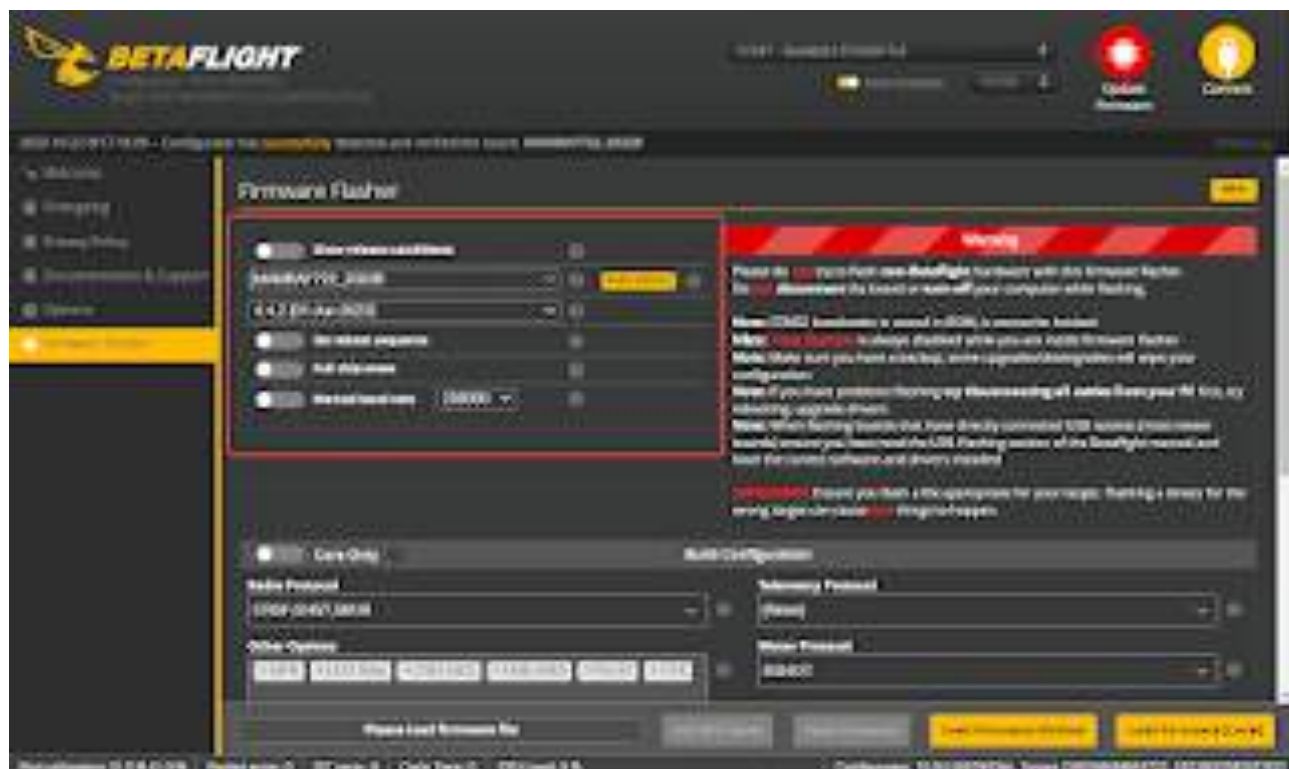
При переході з 1000 до 1500 мкс, **через 2 секунди від переходу, система зводиться і починає очікувати удар о ціль або команди на підрив (FIRE).**



Configurator. Вибираємо порт на якому є наш дрон, і натискаємо **“Update Firmware”**

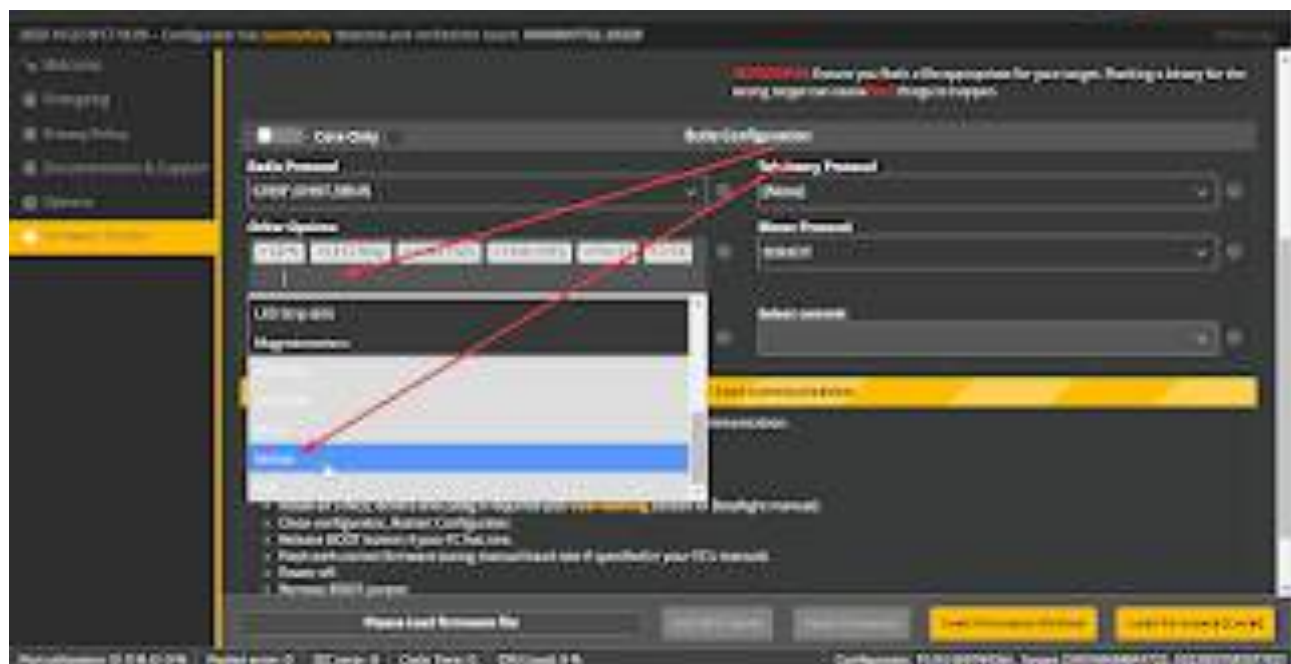


В меню вибору контролера вибираємо той, який встановлено на дроні. Найпростіше це зробити через кнопку **“Auto-detect”**.

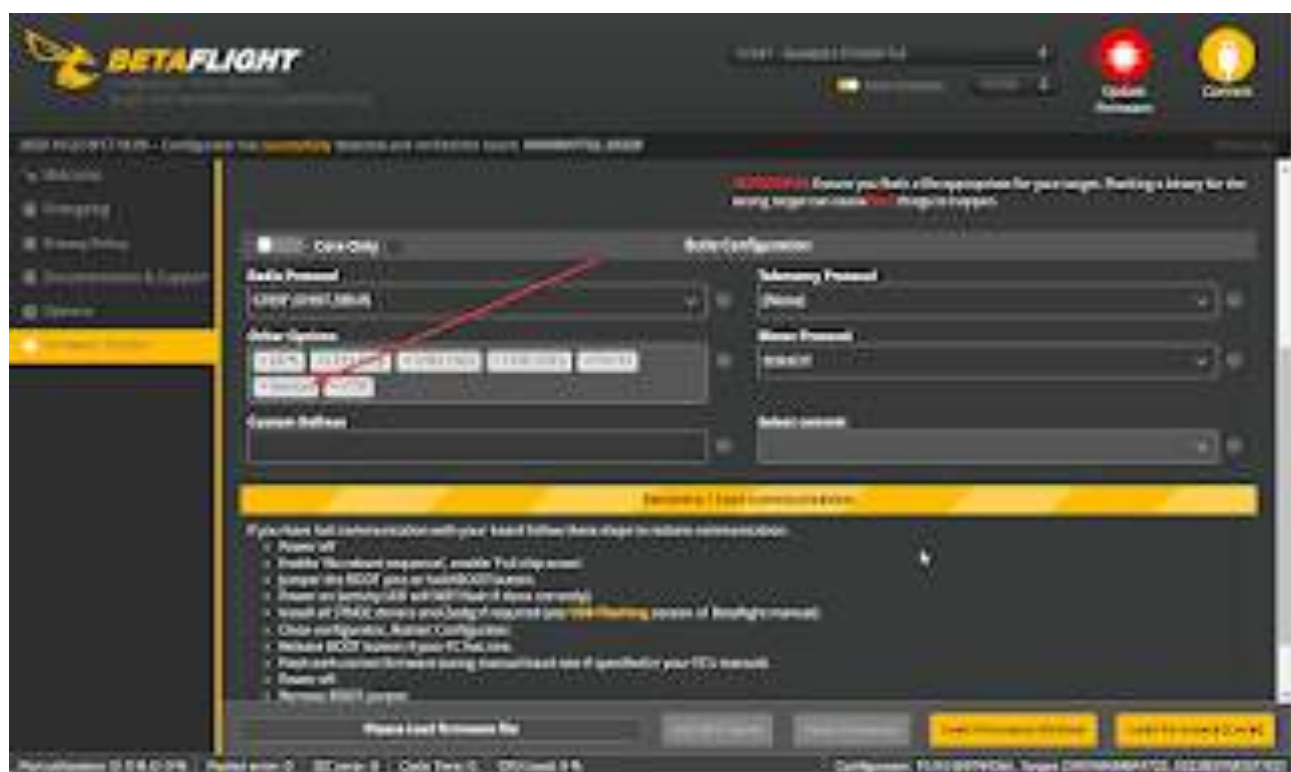


В меню вибору опцій потрібно додати опцію **“Servos”**





Ось так має виглядати це меню після вибору опції “**Servos**”

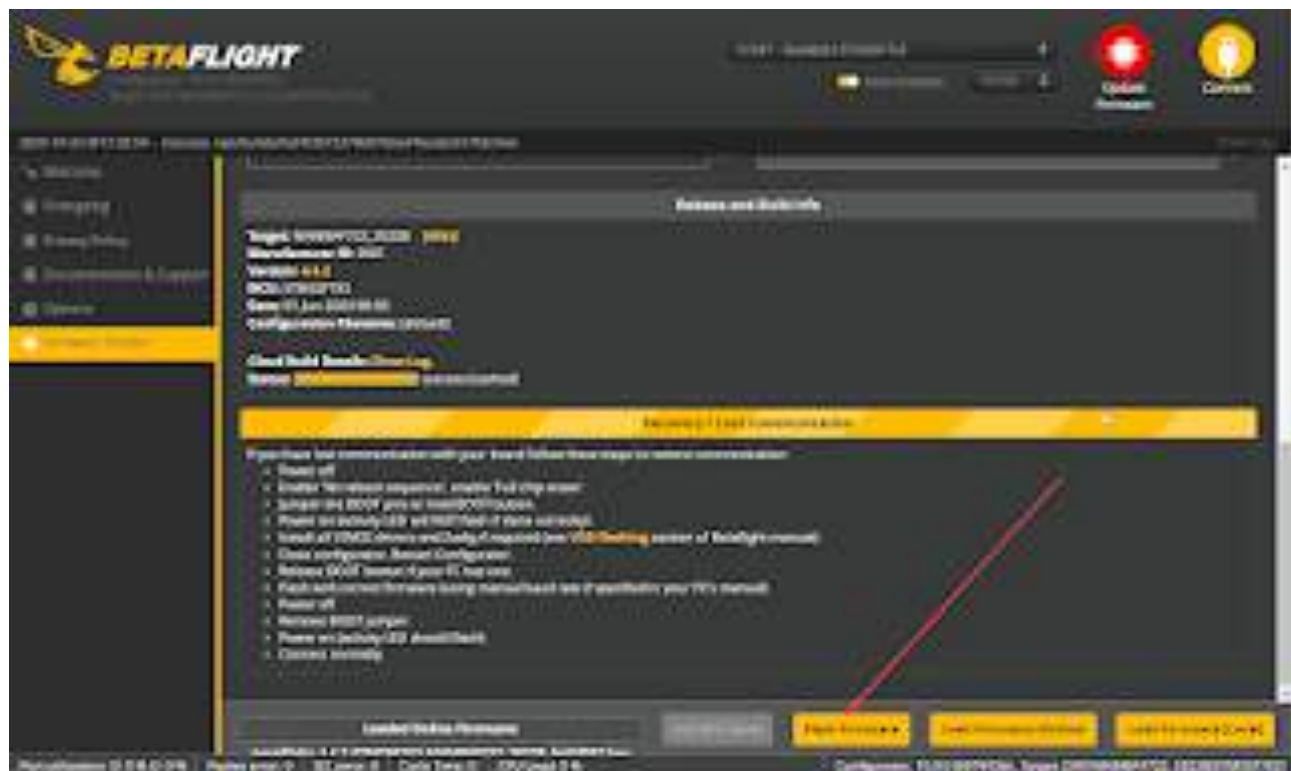


Натискаємо кнопку “**Load Firmware [Online]**”

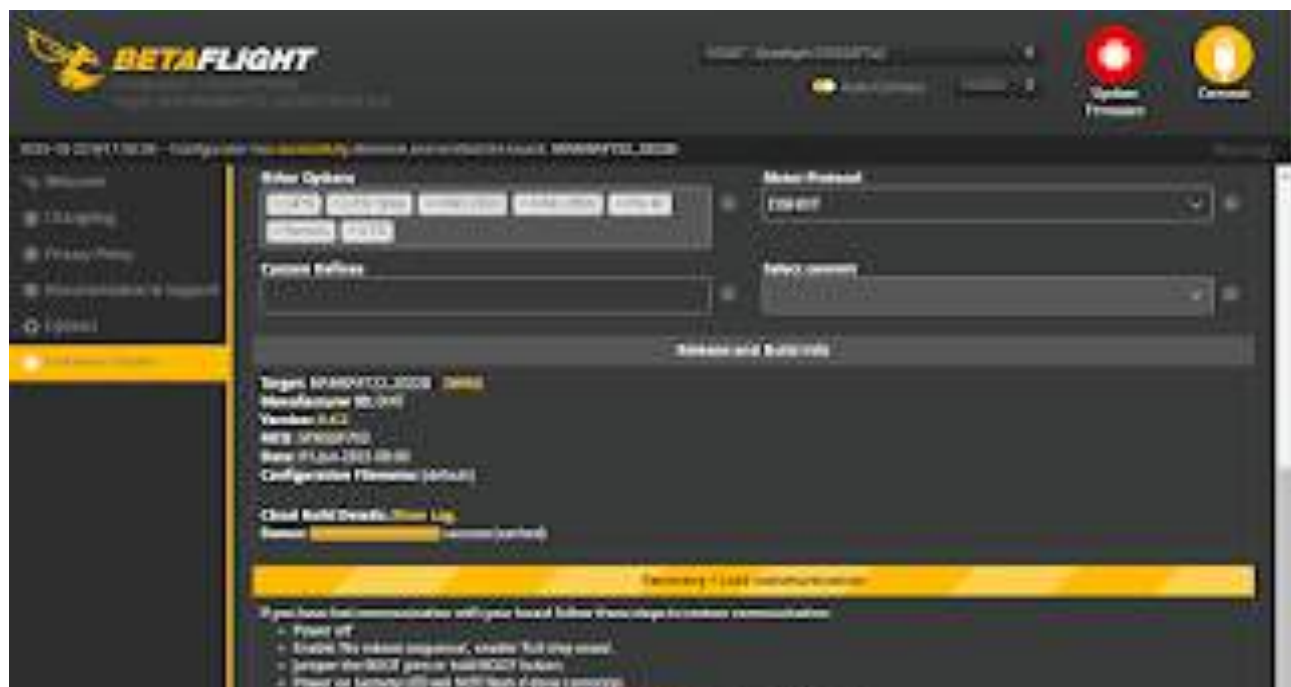




Далі натискаємо кнопку “Flash Firmware”



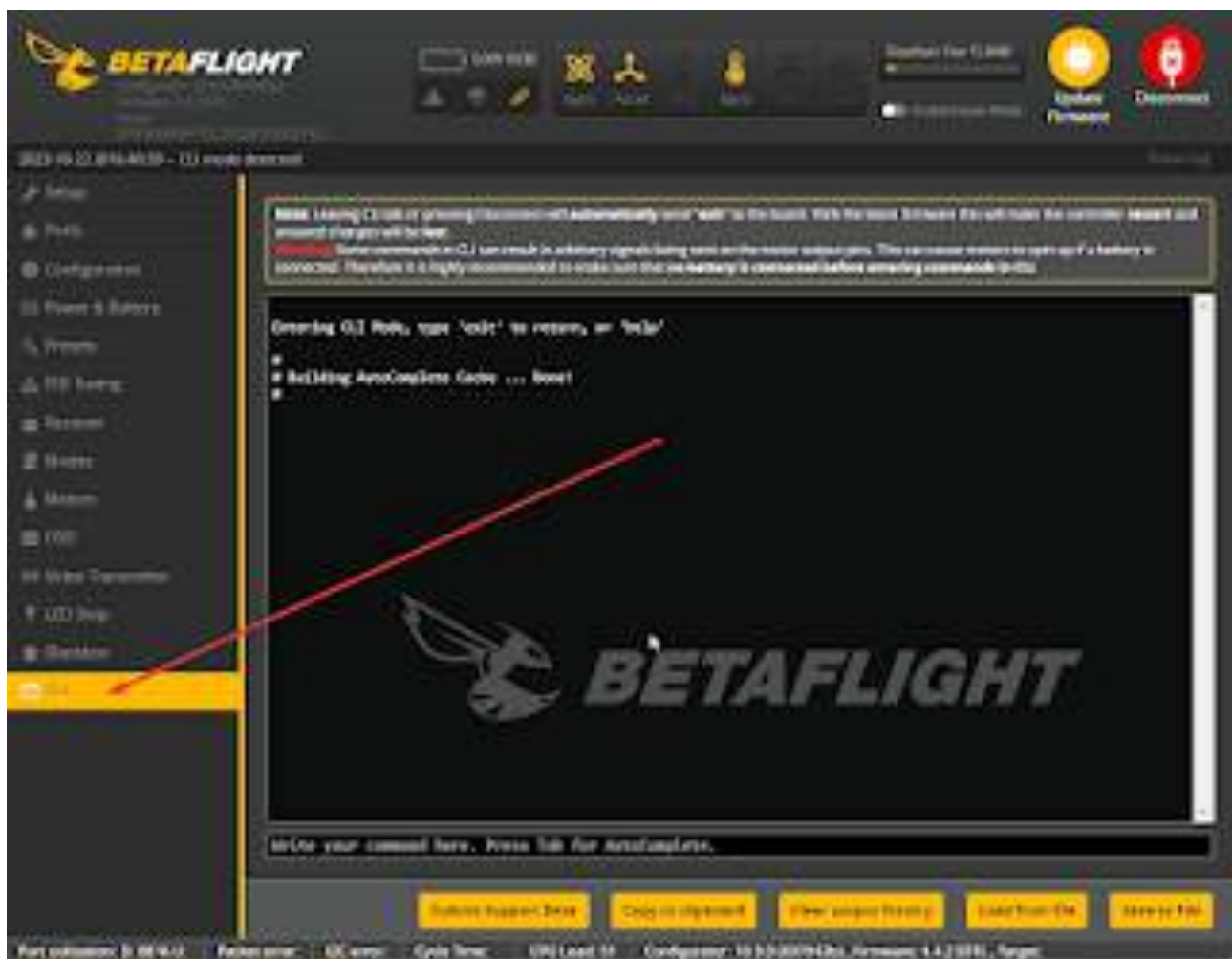
Якщо все пройшло успішно, то вікно має виглядати так.



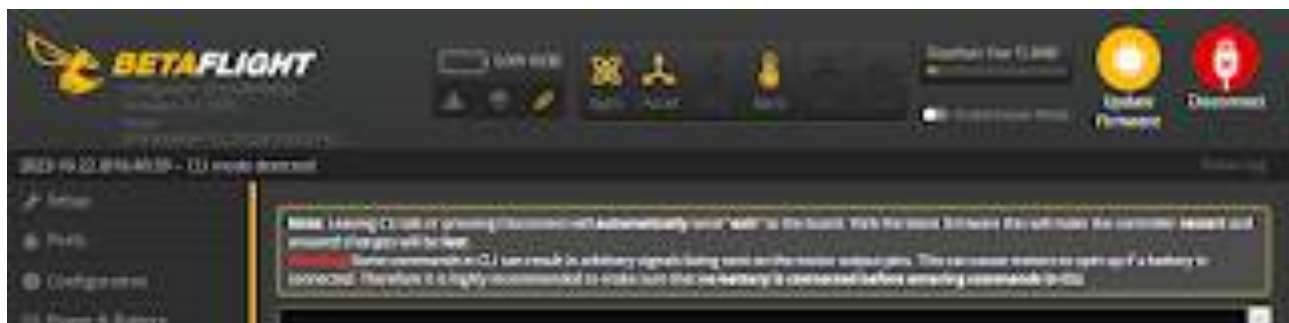


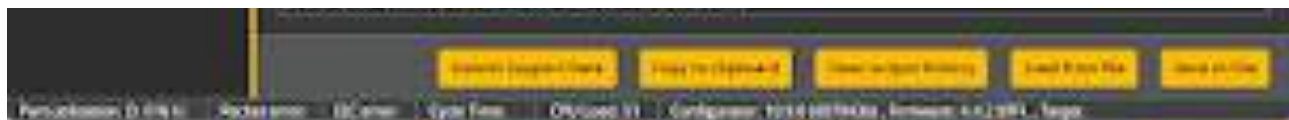
Налаштування прошивки

Для інтеграції системи в БПЛА потрібно чорний провід запаювати на GND контакт польотного контролера, а інший на контакт, який може працювати в режимі PWM. Зазвичай PWM вихід можна назначити на такі ресурси як **MOTOR**, **LED_STRIP**. Щоб оглянути дані ресурси потрібно підключити дрон до комп'ютера і зайти в режим **CLI** в Betaflight Configurator.



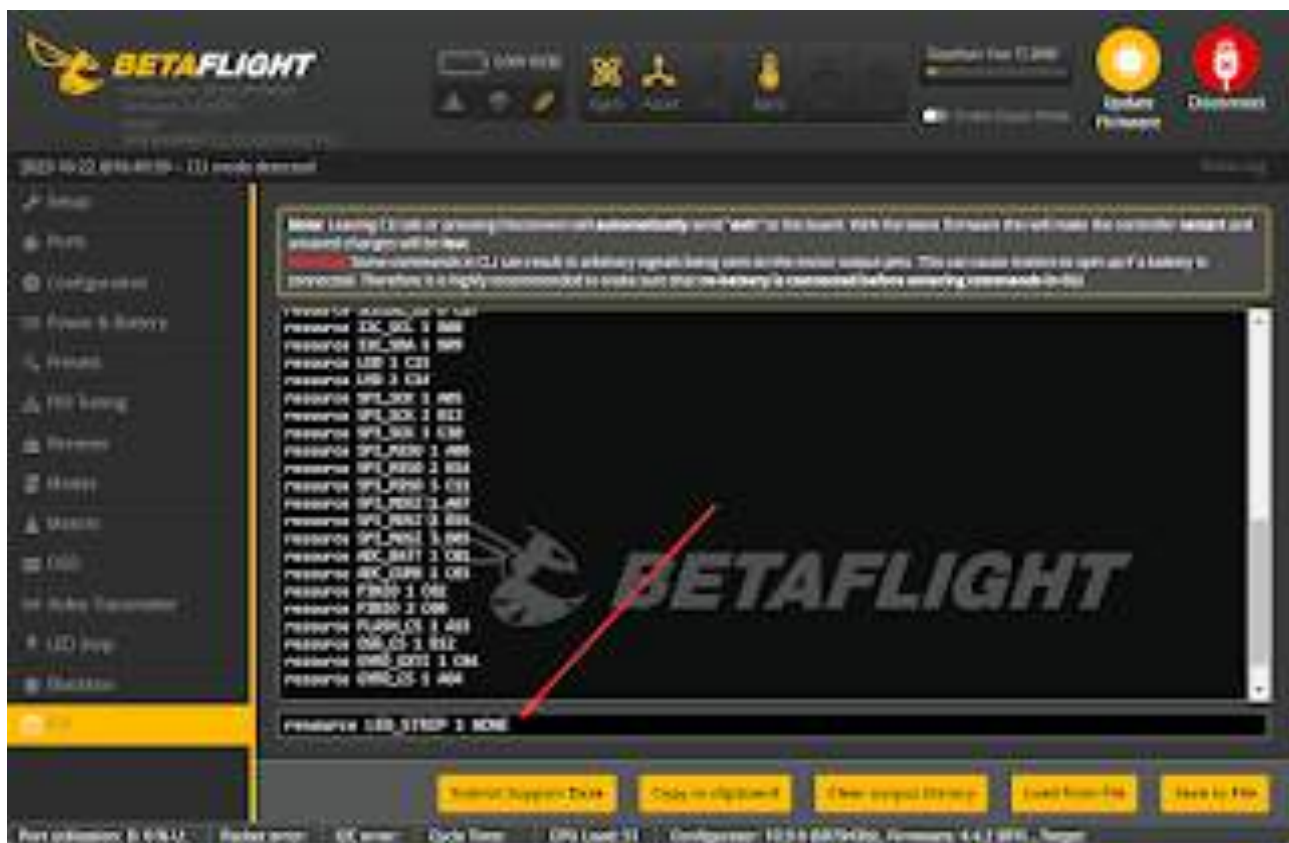
Виконати команду “resource”



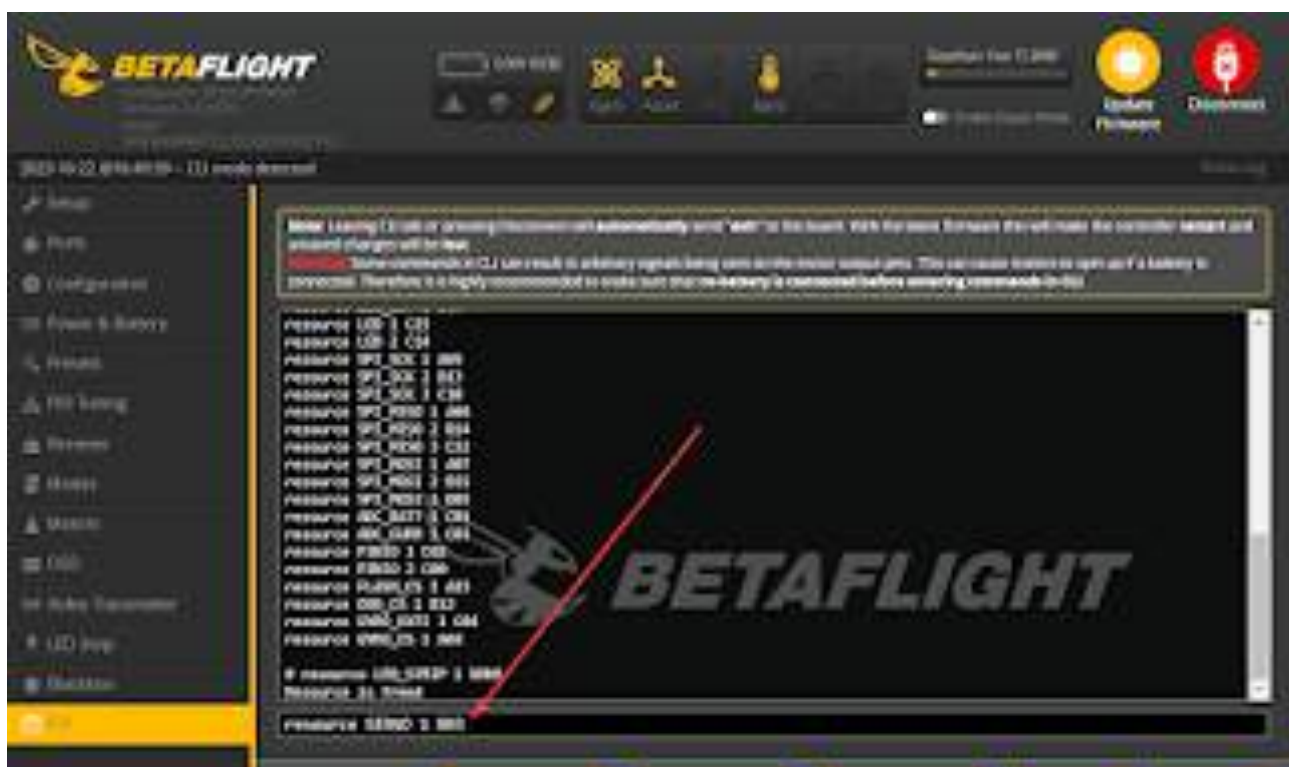


В даному прикладі нас цікавить **LED_STRIP 1**, який використовує ніжку **B03**. Потрібно звільнити даний ресурс, і прив'язати на нього **SERVO 1**

Щоб звільнити ресурс виконуємо команду “**resource LED_STRIP 1 NONE**”



Далі прив'язуємо ніжку **B03** до **Servo 1** командою “**resource SERVO 1 B03**”



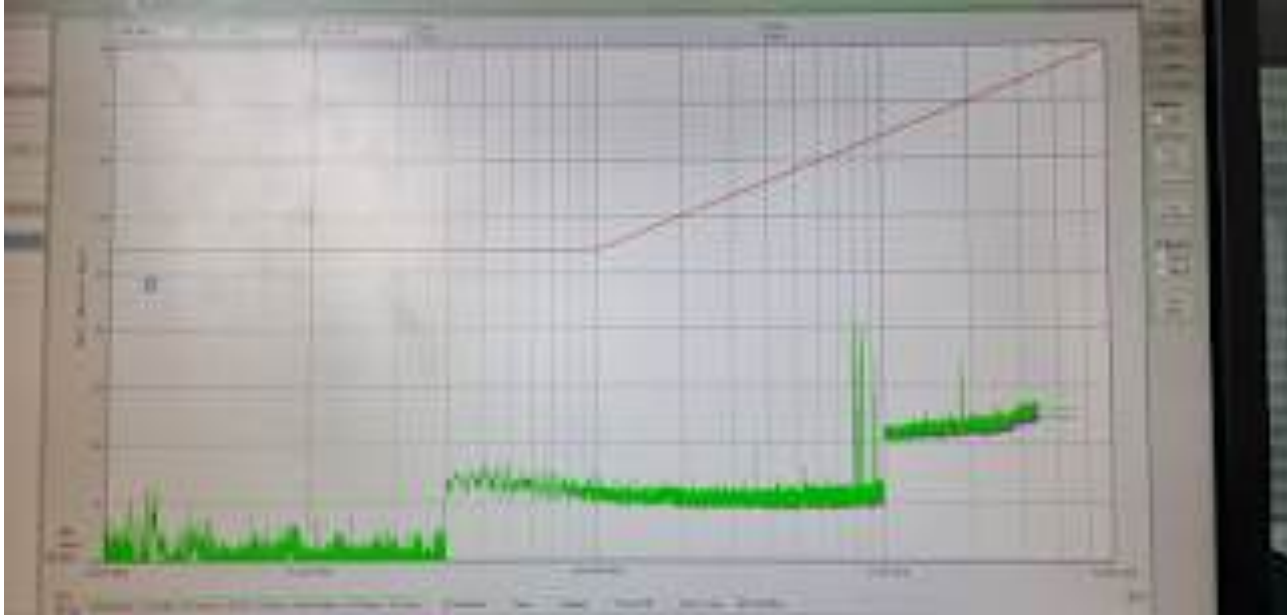




Канал 1 (Жовтий) - вихід запалу

Канал 2 (Рожевий) - вихід датчика струсу (п'єзомембрани)

Результат сканування на наявність випромінювання за MIL-461



Поставка

Можлива поставка у вигляді плат (для інтеграції в середину корпусу БПЛА) та систем в індивідуальному корпусі.

Контакти

Ви завжди можете зв'язатися з нами через Signal: **SPO**