

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО ОБ'ЄДНАННЯ ВАНТАЖНИХ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Розробив студент гр. МНТ-19м

Курячий Роман Олександрович

Керівник: к.т.н., доцент

Книш Богдан Петрович

Актуальність теми

На сьогоднішній день БПЛА вже стали невід'ємною складовою нашого життя. Вони використовуються як у воєнних так і в цивільних цілях: для зйомок фільмів, моніторингу стану об'єктів, дослідження ґрунтів в агропромисловості тощо.

Всі ці операції вимагають від БПЛА мати певне значення тяги для реалізації потрібної вантажопідйомності. У майбутньому можна буде використовувати БПЛА для евакуації людей, доставки важких вантажів і навіть перевезення пасажирів.

Також потрібно відзначити, що зазвичай невеликі цивільні БПЛА застосовуються окремо, але в останні роки інженери пропонують використовувати безліч дронів в якості єдиної групи. Наприклад, стають популярними дрон-шоу, в яких сотні і навіть тисячі БПЛА синхронно рухаються, утворюючи в повітрі написи або інші масивні об'єкти.

Крім того вантажопідйомність звичайних БПЛА окремо, як правило мала. Велика кількість БПЛА, працюючи спільно, потенційно здатні піднімати досить важкі вантажі. Однак для цього пристрої повинні знаходитися поряд, але при цьому не заважати один одному через виникнення повітряних потоків від гвинтів, а також синхронізувати свої рухи. Потенційно найзручніше це робити за допомогою механічної зчипки, але поки майже всі експериментальні системи з з'єднанням БПЛА були засновані на саморобних літальних апаратах з масивними рамами, а також вимагали відстежувати рухи пристроїв за допомогою зовнішньої стаціонарної системи камер.

Тому питання зі збільшенням вантажопідйомності стає все більш актуальним, як і розробки механізму автоматичного об'єднання таких БПЛА.

Мета роботи

Метою бакалаврської дипломної роботи є збільшення вантажопідйомності БПЛА.

Об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження являється система автоматичного об'єднання вантажних безпілотних літальних апаратів.

Предмет дослідження

Предметом дослідження є параметри вантажопідйомності БПЛА.

Наукова новизна одержаних результатів:

- Розроблено математичну модель обрахунку тяги вантажного БПЛА, яка показує збільшення вантажопідйомності вантажних БПЛА за рахунок розробки системи автоматичного об'єднання вантажних безпілотних літальних апаратів на спільній рамі, в якій використано систему зчитування QR коду.

Практичне значення одержаних результатів:

Запропоновані нові технічні рішення можуть бути використанні в подальшому для впровадження їх у новітні методи кур'єрських послуг, світлових шоу, тощо.

Апробація

Робота пройшла апробацію на XLVIII Науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів, факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем (2019).

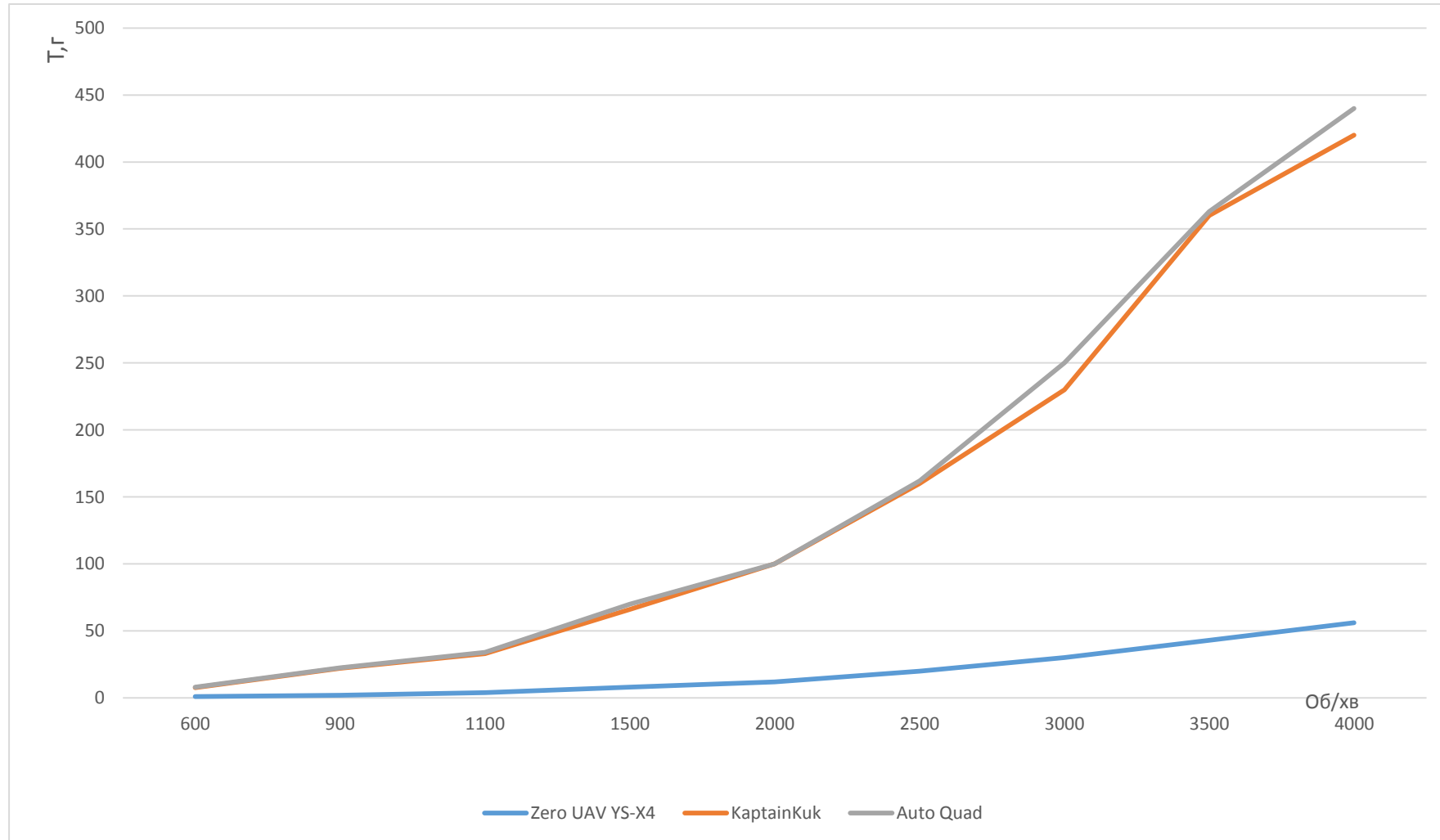
Робота пройшла апробацію на XLIX Науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів, факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем (2020).

Публікація

Опубліковано статтю в збірнику статей 48-ї науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету. 2019р.[1].

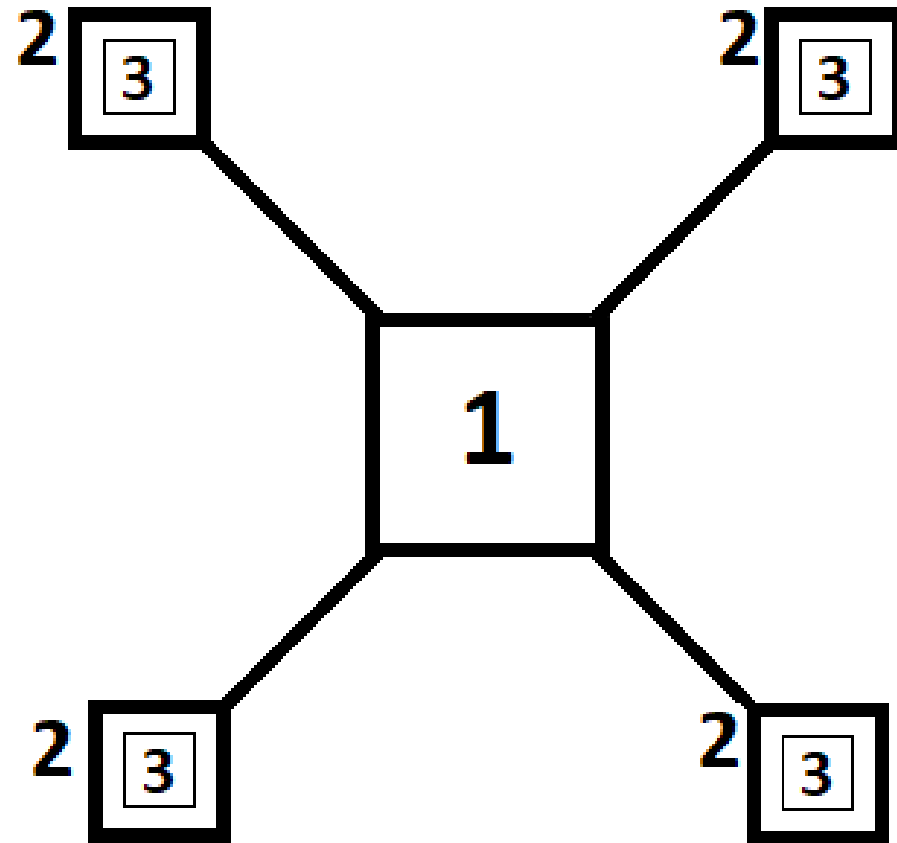
Опубліковано статтю в збірнику статей 49-ї науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету. 2020р.[2].

Розгляд аналогів блоків керування безпілотними літальними апаратами



Графік залежності тяги, БПЛА на різних блоках керування, від обертів двигунів.

Структурна схема системи автоматичного об'єднання вантажних БПЛА



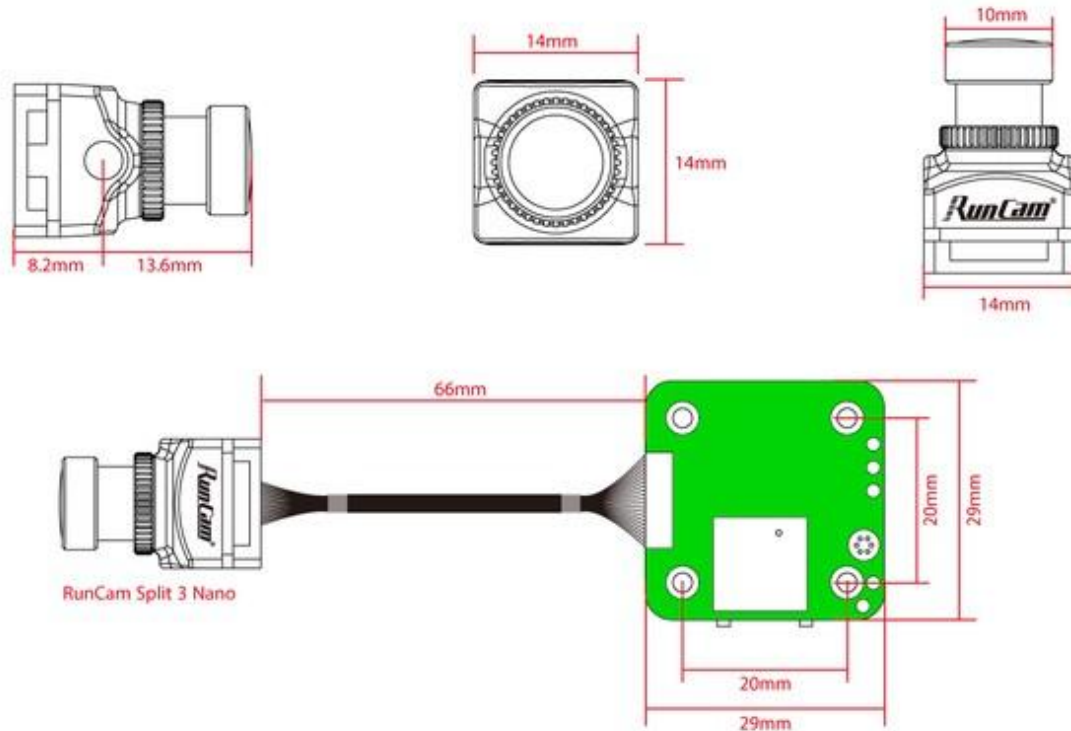
1 – Активна рама, 2 – Вантажні безпілотні літальні апарати, 3 – Камери для позиціонування вантажних БПЛА.

Огляд систем автоматичного об'єднання БПЛА.



Вибір камери для зчитування QR коду:

Критеріями даної камери має бути високе розширення, для зчитування QR коду, мінімальна затримка для точного позиціонування БПЛА по коду в місті фіксації, не великі розміри та мала вага.



Характеристики:

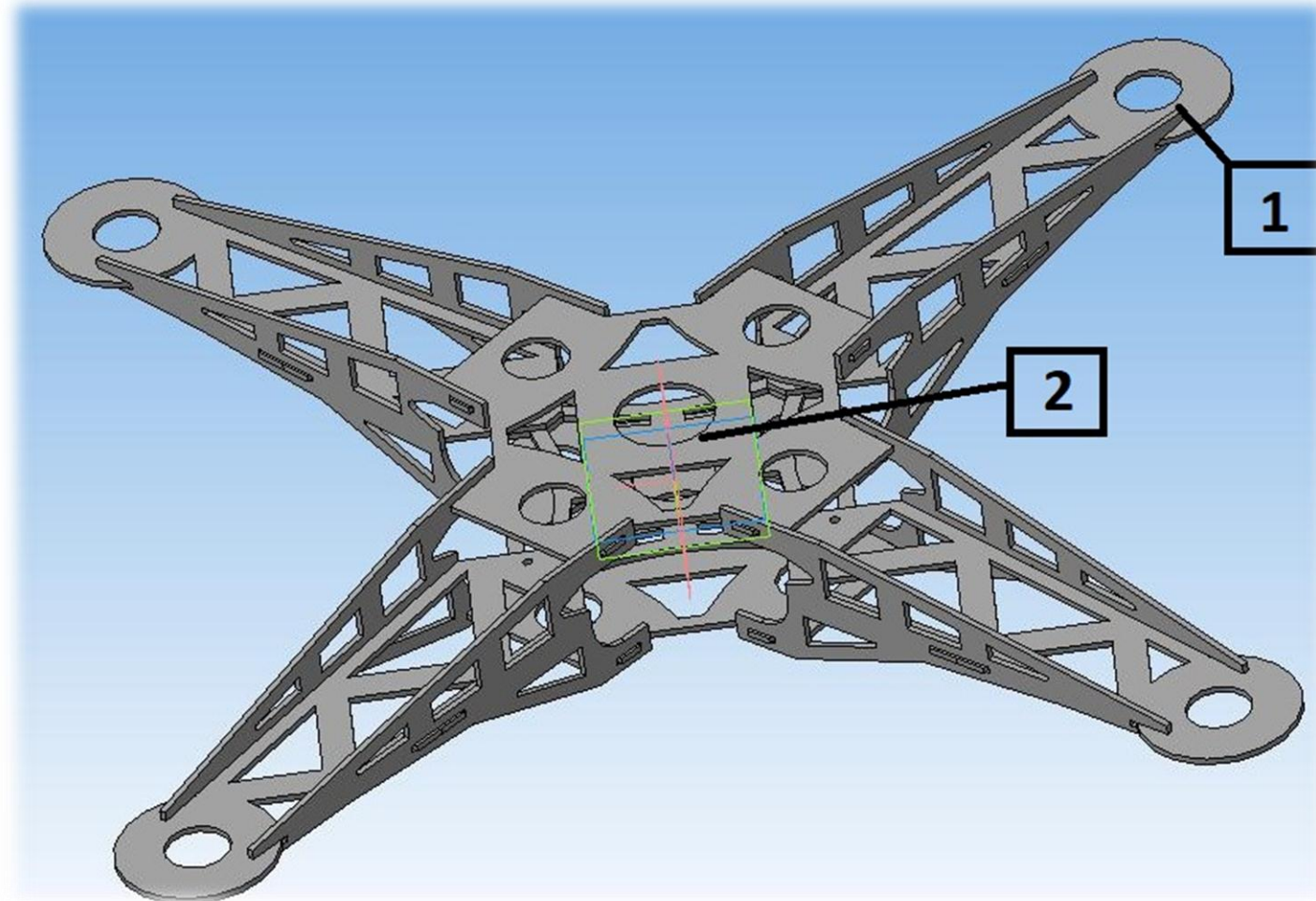
- Кут огляду: 165°
- Розширення відео: 1080*60fps / 1080*30fps / 720*60fps
- Живлення: DC 5-20V / DC 5V (USB)
- Струм споживання: 650 мА
- Роздільна здатність: 2 МР
- Об'єктив: М8
- Інтерфейс: JST 1,25мм / UART
- Розміри: 29x29x5 мм (плата)
- Розміри: 14x14 мм (модуль камери)
- Вага: 10,5 г (камера + плата + короткий шлейф)

Розміри та особливості камери runcam split 3 nano whoop

Розробка активної рами для автоматичного з'єднання вантажних БПЛА.

Для реалізації збільшення вантажопідйомності розробленого вантажного БПЛА за рахунок з'єднання декількох безпілотних літальних апаратів на спільній рамі, було прийнято рішення розробити активну раму, через ряд таких переваг:

- Розміщення на рамі електричних прижимних замків та додаткового живлення заощадить вантажопідйомність безпілотним літальним апаратам, коли вони будуть працювати без рами.
- За рахунок розміщення на БПЛА тільки ригель – кріплення дозволяє швидко оснащувати нові БПЛА даною технологією.



Під номером 1 вказані місця для кріплення фіксуєчих замків та QR кодів, які будуть розміщуватись навколо кожного замка та позиціонувати БПЛА. Під номером 2 вказано місце в рамі для розміщення додаткового живлення та електроніки.

Фіксуючі механізми для активної рами

Перевагами даного замка є швидка і надійна фіксація, вага в 130 грам, живлення від 12 вольт, струм споживання всього 100 мА та невеликі розміри.



замковий механізм Yli Electronic YE-305nc

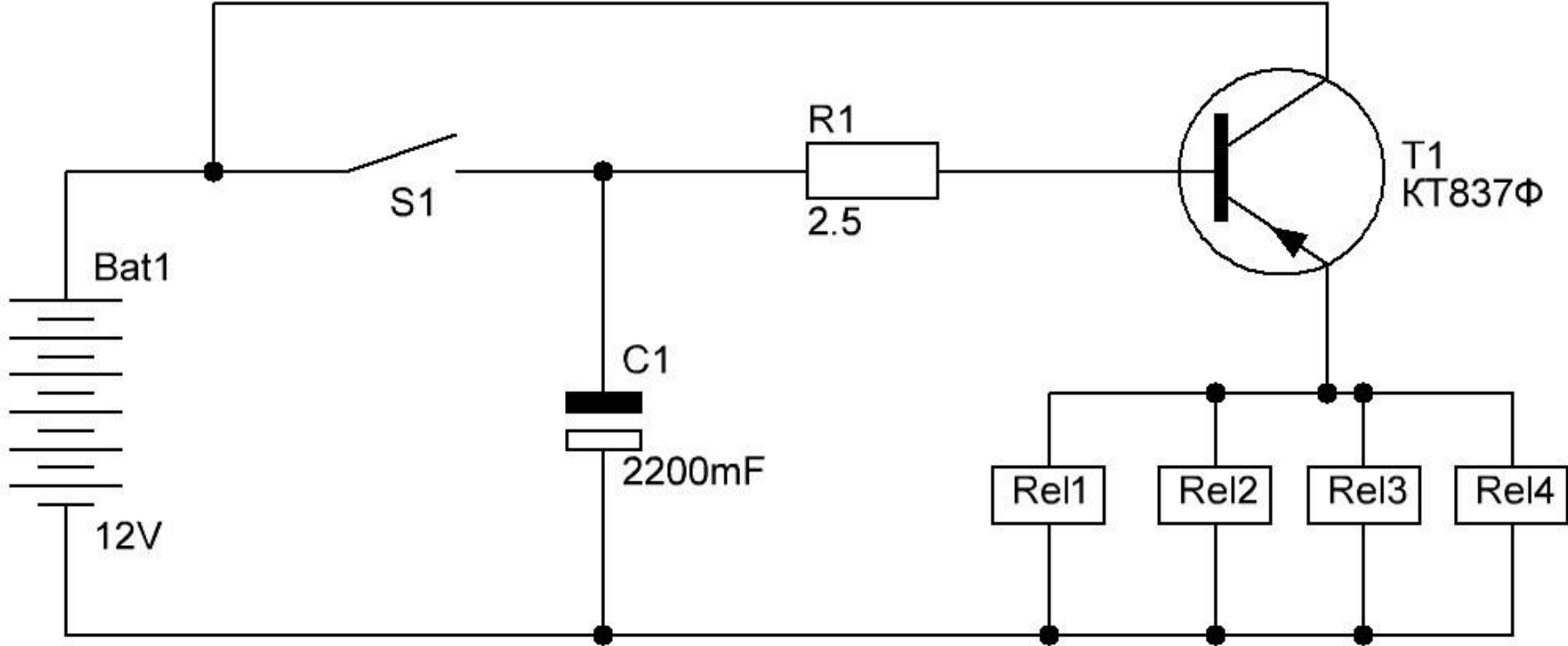
QR код для позиціонування БПЛА.

Для автоматичного розміщення БПЛА на спільній рамі необхідно щоб безпілотники розуміли де їх посадкове місце та могли правильно себе позиціонувати для фіксації на замку.

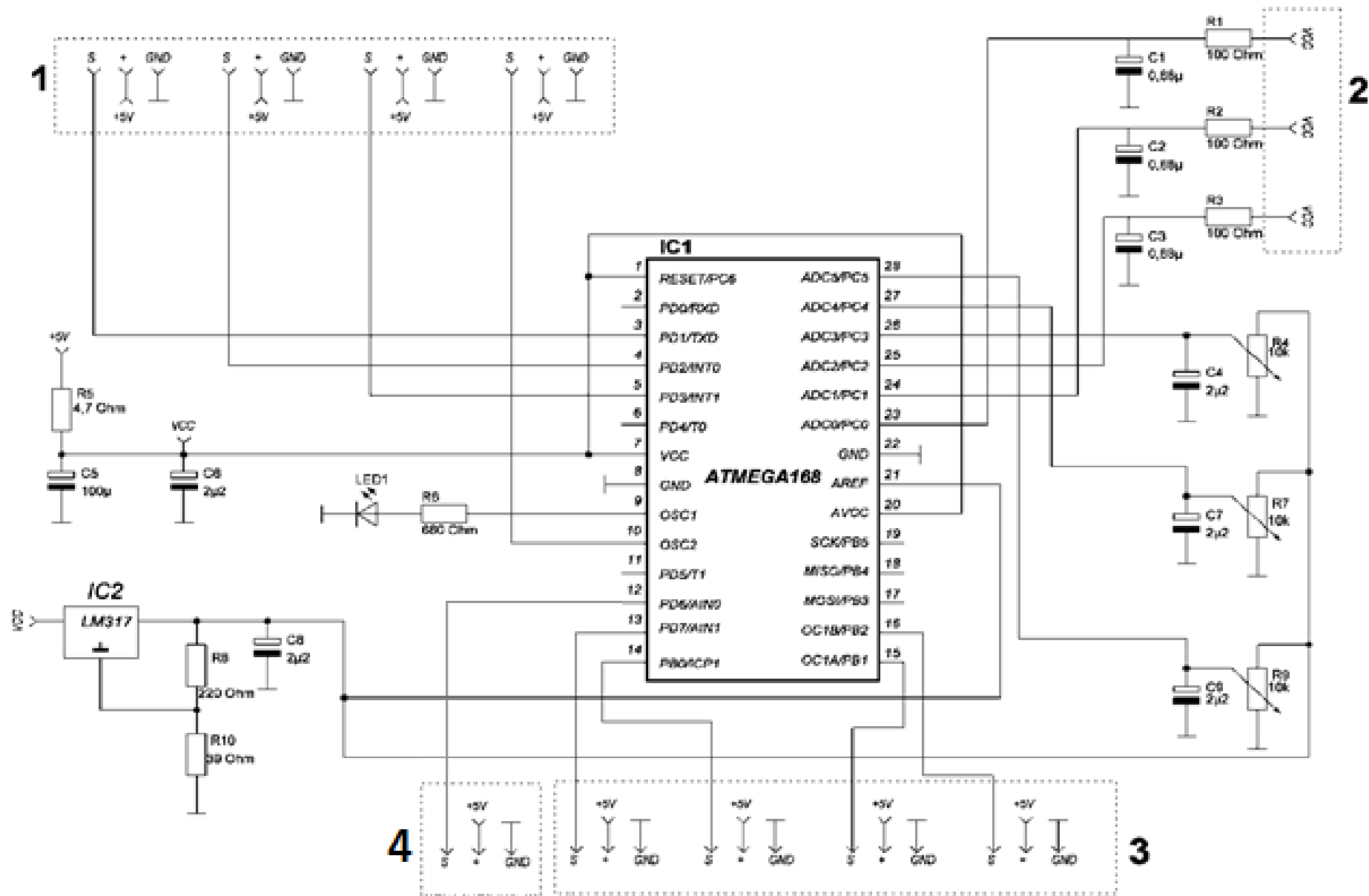


QR код для позиціонування БПЛА на рамі

Розробка електричної принципової схеми блоку керування вантажним безпілотним літальним апаратом з системою автоматичного з'єднання БПЛА.



Електрична принципова схема активної рами для об'єднання вантажних БПЛА.



Електрична принципова схема блоку керування вантажним БПЛА.

Моделювання роботи системи автоматичного з'єднання вантажних БПЛА.



ESP-32CAM

```
CameraWebServer | Arduino 1.8.9
File Edit Sketch Tools Help

CameraWebServer$ app_httpd.cpp camera_index.h camera_pins.h

#include "esp_camera.h"
#include <WiFi.h>

// WARNING!!! Make sure that you have either selected ESP32 Wrover
// or another board which has PSRAM enabled

// Select camera model
#define CAMERA_MODEL_WROVER_KIT
#define CAMERA_MODEL_ESP_EYE
#define CAMERA_MODEL_HSTACK_PSRAM
#define CAMERA_MODEL_HSTACK_WIDE
#define CAMERA_MODEL_AI_THINKER

#include "camera_pins.h"

const char* ssid = "M-NetWork";
const char* password = "yourPass";

void startCameraServer();

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Serial.setDebugOutput(true);
  Serial.println();

  camera_config_t config;
  config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0;
  config.ledc_timer = LEDC_TIMER_0;
  config.pin_d0 = Y2_GPIO_NUM;
  config.pin_d1 = Y3_GPIO_NUM;
  config.pin_d2 = Y4_GPIO_NUM;
  config.pin_d3 = Y5_GPIO_NUM;
  config.pin_d4 = Y6_GPIO_NUM;
  config.pin_d5 = Y7_GPIO_NUM;
  config.pin_d6 = Y8_GPIO_NUM;
  config.pin_d7 = Y9_GPIO_NUM;
  config.pin_xclk = XCLK_GPIO_NUM;
  config.pin_pclk = PCLK_GPIO_NUM;
  config.pin_vsync = VSYNC_GPIO_NUM;
  config.pin_href = HREF_GPIO_NUM;
  config.pin_sccb_sda = SIOD_GPIO_NUM;
  config.pin_sccb_scl = SIOC_GPIO_NUM;
  config.pin_pwdn = PWDN_GPIO_NUM;
  config.pin_reset = RESET_GPIO_NUM;
  config.xclk_freq_hz = 2000000;

  esp_err_t err = esp_camera_init(&config);
  if (err != ESP_OK) {
    Serial.printf("Camera init failed with error: %s\n", esp_err_to_name(err));
  }

  startCameraServer();
}

void loop() {
  // Your code here
}

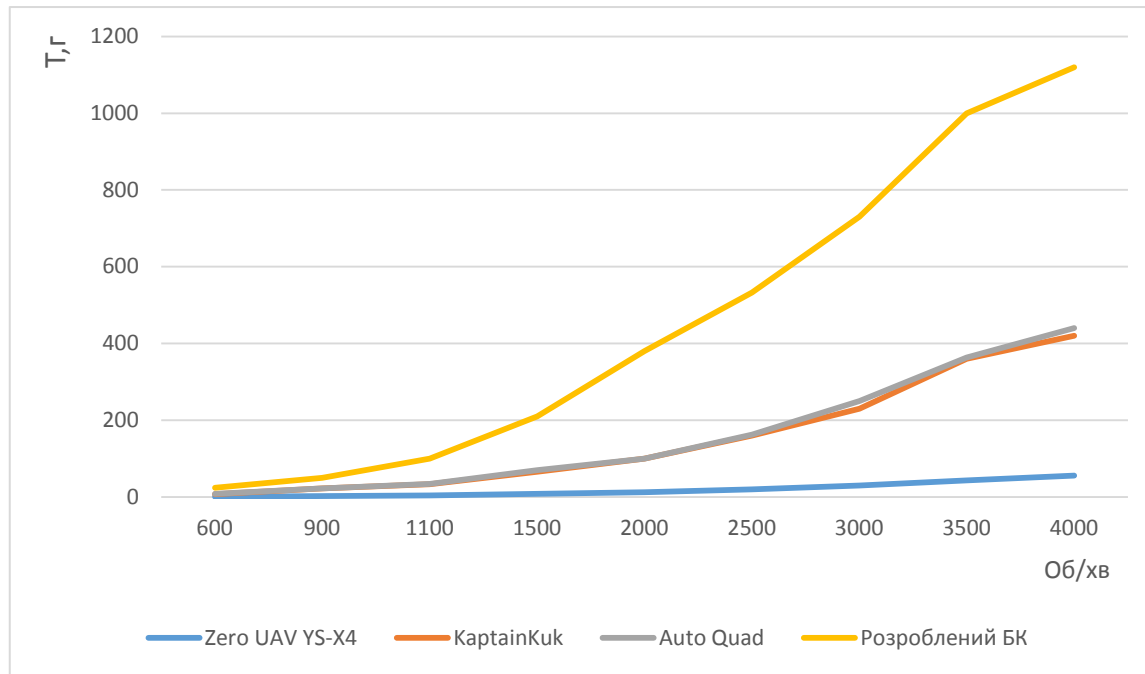
eta Jun  8 2014 00:22:57

rst:0x1 (POWERON_RESET),boot:0x13 (SPI_FAST_FLASH_BOOT)
configsip: 0, SPIWP:0xee
clk_drv:0x00,q_drv:0x00,d_drv:0x00,cs0_drv:0x00,hd_drv:0x00,wp_drv:0x00
mode:DIO, clock div:2
load:0x3fff0010,len:4
load:0x3fff001c,len:6416
no 0 tail 12 room 4
load:0x40078000,len:11308
load:0x40080400,len:6732
entry 0x40080744
[0]:32mI (30) boot: ESP-IDF v3.3-beta1-506-gbdcbe80c 2nd stage bootloader[0]m
[0]:32mI (30) boot: compile time 11:42:19[0]m
[0]:32mI (30) boot: Enabling RNG early entropy source...[0]m
[0]:32mI (37) boot: SPI Speed      : 40MHz[0]m
[0]:32mI (41) boot: SPI Mode       : DIO[0]m
[0]:32mI (45) boot: SPI Flash Size : 4MB[0]m
[0]:32mI (49) boot: Partition Table:[0]m
[0]:32mI (52) boot: ## Label                Usage              Type ST Offset   Length[0]m
[0]:32mI (60) boot: 0 rvs                   WiFi data          01 01 00005000 00004000[0]m
[0]:32mI (67) boot: 1 phy_init              RF data            01 01 0000F000 00001000[0]m
[0]:32mI (75) boot: 2 factory                factory app        00 00 00010000 00100000[0]m
[0]:32mI (82) boot: End of partition table[0]m
[0]:32mI (86) esp_image: segment 0: paddr=0x00010020 vaddr=0x3f400020 size=0x1c404 (115716) map[0]m
[0]:32mI (136) esp_image: segment 1: paddr=0x00020420 vaddr=0x3ff20000 size=0x2e2d0 ( 11984) load[0]m
[0]:32mI (141) esp_image: segment 2: paddr=0x0002f904 vaddr=0x40080000 size=0x00400 ( 1024) load[0]m
[0]:32mI (143) esp_image: segment 3: paddr=0x0002f70c vaddr=0x40080400 size=0x00594 ( 2308) load[0]m
[0]:32mI (152) esp_image: segment 4: paddr=0x00030018 vaddr=0x40080018 size=0x71ff4 (466932) map[0]m
[0]:32mI (324) esp_image: segment 5: paddr=0x000a2014 vaddr=0x40080d04 size=0x10b54 ( 68436) load[0]m
[0]:32mI (363) boot: Loaded app from partition at offset 0x10000[0]m
[0]:32mI (363) boot: Disabling RNG early entropy source...[0]m
[0]:32mI (363) cpu_start: Pro cpu up.[0]m
[0]:32mI (367) cpu_start: Application information:[0]m
[0]:32mI (372) cpu_start: Project name:      esp32-cam-demo[0]m
[0]:32mI (377) cpu_start: App version:      1[0]m
[0]:32mI (382) cpu_start: Compile time:     Mar  5 2019 11:42:22[0]m
[0]:32mI (388) cpu_start: ELF file SHA256:  88a3a0e57723bee2...[0]m
[0]:32mI (394) cpu_start: ESP-IDF:         v3.3-beta1-506-gbdcbe80c[0]m
[0]:32mI (400) cpu_start: Starting app cpu, entry point is 0x40081100[0]m
[0]:32mI (0) cpu_start: App cpu up.[0]m
[0]:32mI (411) heap_init: Initializing. RAM available for dynamic allocation:[0]m
[0]:32mI (418) heap_init: At 3FFAE620 len 00001920 (6 KiB): DRAM[0]m
[0]:32mI (424) heap_init: At 3FFB8E68 len 00027198 (156 KiB): DRAM[0]m
[0]:32mI (430) heap_init: At 3FFE0440 len 00003AE0 (14 KiB): D/IRAM[0]m
[0]:32mI (436) heap_init: At 3FFEA350 len 0001BCB0 (111 KiB): D/IRAM[0]m
[0]:32mI (443) heap_init: At 40091858 len 000027A8 (57 KiB): IRAM[0]m
[0]:32mI (449) cpu_start: Pro cpu start user code[0]m
[0]:32mI (19) cpu_start: Starting scheduler on PRO CPU.[0]m
[0]:32mI (0) cpu_start: Starting scheduler on APP CPU.[0]m
[0]:32mI (64) I2S: DMA Malloc info, dataLen=blockSize=256, dma_buf_count=50[0]m
[0]:32mI (64) I2S: PLL_D2: Req RATE: 39042, real rate: 39062.000, BITS: 16, CLRM: 16, BCH: 8, MCLK: 10000000.000, SCLK:
[0]:32mI (74) camera_xclk: PIN_CTRL before:3ff,39062[0]m
[0]:32mI (74) camera_xclk: PIN_CTRL after:7fff[0]m

Autoscroll Show timestamp Both NL & CR 115200 baud Clear output
```

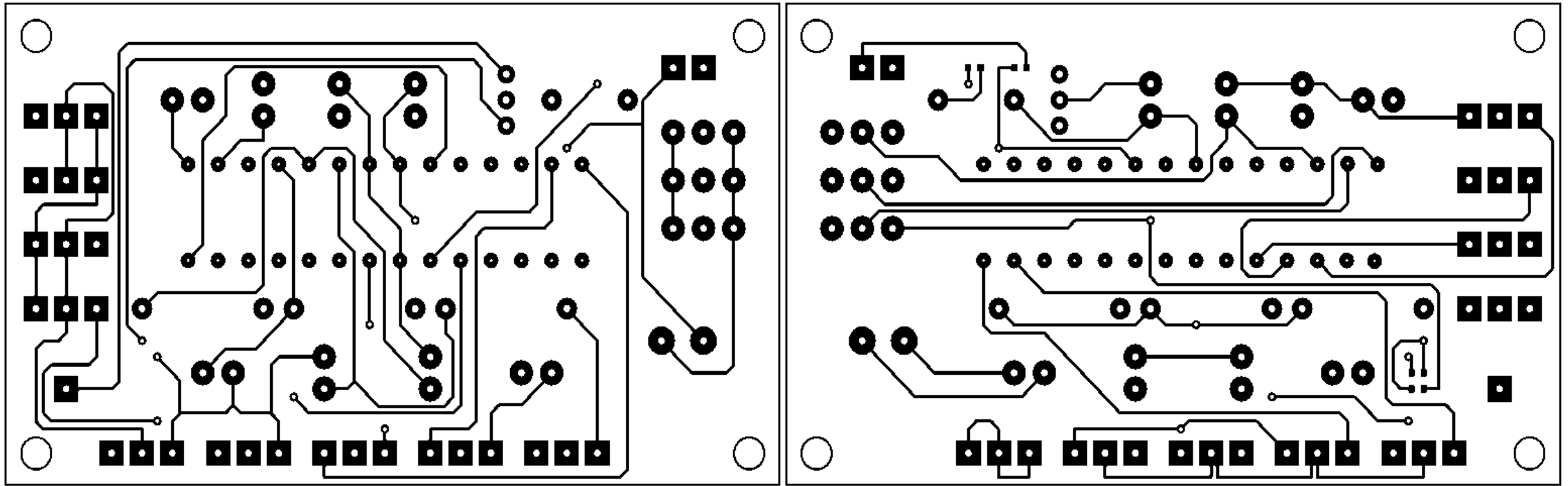
Після завантаження прошивки, підключаємо камеру до комп'ютера, в браузері потрібно ввести ір адресу камери: 192.168.4.102. після чого, в браузері з'явиться зображення з камери. Для перевірки роботи надрукуємо QR код і розмістимо його в полі огляду камери.





Порівняння залежностей тяги ід обертів двигунів БПЛА, на основі блоків керування Zero UAV YS-X4, KaptainKuk, Auto Quad та розробленого блоку керування

п, об/хв Блок кер	600	900	1100	1500	2000	2500	3000	3500	4000
Zero UAV YS-X4. Т,г	0,96	2	4	8	12	20	30	43	56
KaptainKuk. Т,г	7,7	22	33	66	100	160	230	360	420
Auto Quad. Т,г	8	22,5	34	70	100	162	250	363	440
Розроблений блок. Т,г	24	50	100	210	380	533	730	1000	1120



а

б

Автотрасування та розміщення елементів схеми блоку керування вантажним
БПЛА в середовищі
ARES Proteus. а)вид знизу б)вид зверху

ВИСНОВКИ

1. Проведено проаналізовано існуючі аналоги блоків керування БПЛА, їх технічні характеристики та особливості конструкцій. Проведено аналіз існуючих способів автоматичного об'єднання вантажних БПЛА. Наведено електрично принципіві схеми. З особливостей конструкцій, технічних параметрів та наявних на ринку БПЛА, було визначено елементи блоків керування і активної рами та проведено дослідження залежності тяги БПЛА від обертів двигунів.

З проведених досліджень було видно, що значною мірою на тягу БПЛА впливають двигуни і пропелери. Для покращення вантажопідйомності необхідно підібрати характеристики блоку керування для вибору двигуна і його співвідношення з параметрами пропелера. При збільшенні потужності двигуна можна збільшити діаметр лопаті, але якщо радіус розмаху пропелера буде занадто великий, то він буде повільно збільшувати та зменшувати швидкість. Також, одним з методів збільшення ваги, яку може підняти БПЛА, є додавання більшої кількості двигунів. Це є не доцільно, оскільки збільшується витрата енергетичних ресурсів.

З недоліків аналогів було визначено, що для отримання більшої вантажопідйомності з мінімальними енергозатратами, потрібно розробити блок керування безпілотним літальним апаратом який дозволить встановити на БПЛА потужні двигуни з високою швидкістю обертання. Також з розглянутих недоліків способів автоматичного об'єднання вантажних БПЛА було змодельовано монолітну активну раму з механізмом фіксації розроблених вантажних безпілотних літальних апаратів.

- Змодельовано структурну та електричну принципіву схеми блоку керування вантажним БПЛА та системи їх автоматичного об'єднання, описано принцип його роботи. Проведено моделювання схеми блоку керування вантажним БПЛА. Проте слід зауважити, що усі елементи в пакеті Proteus є ідеалізованими, тому слід враховувати те, що на практиці спроектована схема може показати дещо інші результати. Наведено залежність тяги вантажного БПЛА від швидкості обертів двигунів і пропелерів, та порівняно з аналогами, що показало те, що тяга розробленого блоку керування вантажним БПЛА в разі перевищує аналоги в середній ціновій категорії, а система їх автоматичного об'єднання дозволяє без змін в конструкції та без покупки в разі дорожчих БПЛА піднімати вантажі вагою в 16 кг.

- Здійснено розрахунок параметрів друкованої плати: діаметри монтажних отворів (0,8; 1; 1,15; 1,4мм) та контактних площадок (1,3; 1,5; 1,65; 1,9мм) татож мінімальну ширину провідників – 450 мкм. Обрано другий клас точності, тип плати – двостороння, Цей клас точності характеризується високими комутаційними властивостями, підвищеною міцністю з'єднань виводів навісних елементів з рисунком плати, високою щільністю розташування електронних компонентів та низькою вартістю. У якості матеріалу друкованої плати обрано двосторонній фольгований склотекстоліт марки СФ-2-35-1,5 ТУ16-503.271-86, який має товщину фольги 35 мкм, товщину матеріалу з фольгою 1,5 мм.. Для даного типу плати проведено розрахунок ширини друкованих провідників, діаметрів монтажних отворів та контактних площадок.

- Розглянуто такі аспекти охорони праці, як аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні (описання і класифікація потенційно шкідливих та небезпечних чинників, визначення можливих причини виникнення цих чинників і короткий опис їхньої дії на організм працівника); карта умов праці; рекомендації стосовно покращення умов праці, здійснено розрахунок кондиціонування повітря в приміщенні при виділенні надлишків вологи у приміщенні, а також розглянуто норми пожежної безпеки.