

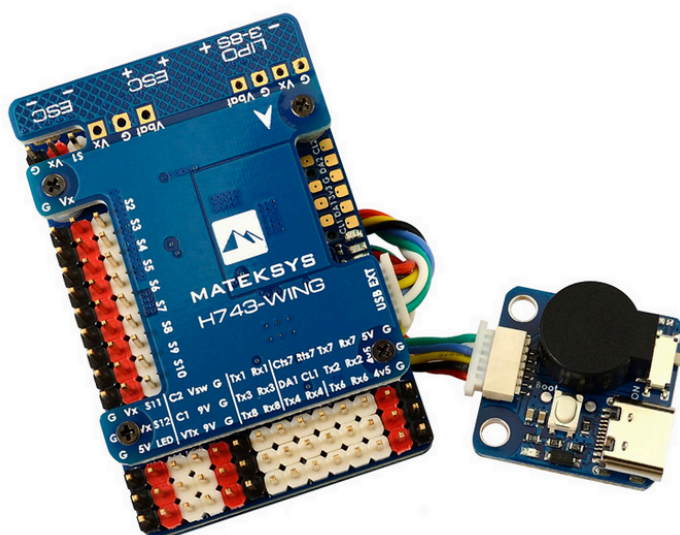
Cyfrowy system statku powietrznego - Jak to działa?

Kontroler lotu to najważniejsza część każdego nowoczesnego autonomicznego UAV. Umożliwia on:

- precyzyjne sterowanie lotem,
- transmisję danych w czasie rzeczywistym,
- korzystanie z różnych czujników,
- wsparcie lotu dla pilota,
- pełną autonomię przy minimalnym udziale pilota,
- precyzyjne dostrajanie parametrów UAV, aby zapewnić dobrą wydajność w każdych warunkach.

Model, który wybraliśmy do UAV „Szczerbatek”, to Matek H743 WING V2 (rysunek 1). Decyzja została podjęta ze względu na niski koszt w porównaniu do alternatywnych kontrolerów lotu (np. PixHawk Orange Cube), a także jego lekkość i dobry mikrokontroler – STM32H747.

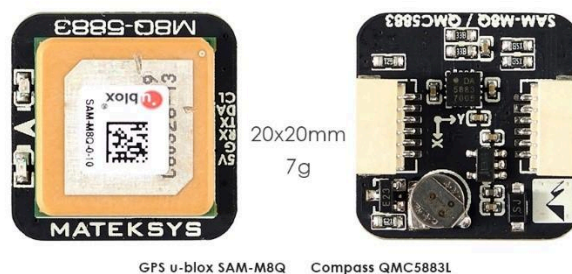
Matek H743-WING V2 to wysokowydajny kontroler lotu przeznaczony do UAV ze stałym skrzydłem oraz zaawansowanych aplikacji FPV. Posiada procesor STM32H743VIT6 480MHz, dwa IMU (MPU6000 i ICM42605) oraz barometr Infineon DPS310, co zapewnia precyzyjną kontrolę i stabilność lotu. Kontroler obsługuje 13 wyjść PWM, 7 portów UART z wbudowaną inwersją i zawiera interfejs CAN bus, oferując szeroką łączność z różnymi peryferiami. Zarządzanie zasilaniem jest solidne – wbudowane przetwornice BEC dostarczają napięcia 5V, 9V/12V oraz regulowane wyjścia serw do 8A prądu ciągłego. Dodatkowe funkcje to slot na kartę microSD do zapisu logów, przełącznik wejść kamer i kompatybilność z platformami firmware takimi jak ArduPilot i INAV – co czyni go dobrym wyborem do systemów lotniczych.



Rysunek 1. Mateksys H743-Wing [1]

Moduł GPS

Matek M8Q-5883 (rysunek 2) to kompaktowy moduł GPS i kompasu zaprojektowany do UAV, robotyki i zastosowań RC. Zawiera 72-kanałowy odbiornik GNSS u-blox SAM-M8Q obsługujący GPS, GLONASS, Galileo, QZSS i SBAS oraz cyfrowy kompas 3-osiowy QMC5883L. Moduł posiada wbudowaną antenę ceramiczną RHCP 15x15 mm, bardzo niski szum regulatora 3.3V, LNA i filtr SAW poprawiające jakość sygnału i redukujące zakłócenia. Obsługuje częstotliwość aktualizacji do 18 Hz (GNSS pojedynczy) i 10 Hz (GNSS podwójny), dokładność pozycji poziomej 2.5 m CEP i dokładność prędkości 0.05 m/s. Wspiera interfejsy UART i I2C, działa w zakresie napięć 4–6V i jest kompatybilny z systemami takimi jak INAV, Betaflight i ArduPilot. Ma kompaktowe wymiary (20 x 20 mm) i wagę 7 g.



Rysunek 2. GPS & Compass module M8Q-5883 [2]

Cyfrowy czujnik prędkości powietrza

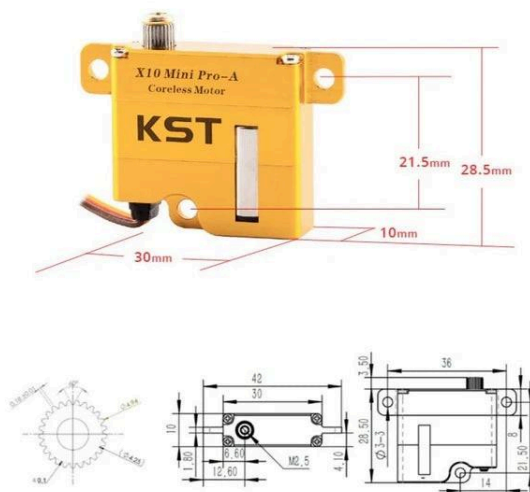
Matek ASPD-4525 (rysunek 3) to cyfrowy czujnik prędkości powietrza z rurką Pitota, zaprojektowany do UAV ze stałym skrzydłem. Wykorzystuje czujnik różnicy ciśnień TE 4525DO-DS5AI001DP, który mierzy różnice do 1 PSI (maks. 20 PSI) i przesyła dane przez interfejs I2C. Działa w zakresie napięć 4–5.5V, pobiera tylko 5mA prądu i oferuje wysoką precyzję $\pm 0.25\%$ w zakresie temperatur od -40°C do 125°C . W zestawie znajduje się płytka czujnika, rurka Pitota, silikonowe przewody i okablowanie do łatwej integracji z kontrolerem lotu. Prędkość powietrza obliczana jest na podstawie różnicy ciśnień między portami statycznym i dynamicznym rurki Pitota z wykorzystaniem zasady Bernoulliego.



Rysunek 3. Digital airspeed sensor ASPD-4525 [3]

Serwomechanizm KST

KST X10 Mini Pro-A (rysunek 4) to wysokowydajny cyfrowy serwomechanizm stworzony do precyzyjnego sterowania w dużych szybowcach i zastosowaniach wyczynowych. Posiada bezrdzeniowy silnik DC, stalowe przekładnie oraz aluminiową obudowę CNC. Zapewnia moment obrotowy do 8.0 kgf.cm i szybkość do 0.08s/60° przy napięciu 8.4V. Programowalne funkcje obejmują miękki start i regulowane kąty ruchu. Kompaktowe wymiary (30 x 10 x 28 mm) i masa ok. 20 g czynią go idealnym do instalacji, gdzie istotne są rozmiar i waga. Obsługuje standardowy sygnał PWM (900–2100 μ s) dla kąta ruchu 120°.



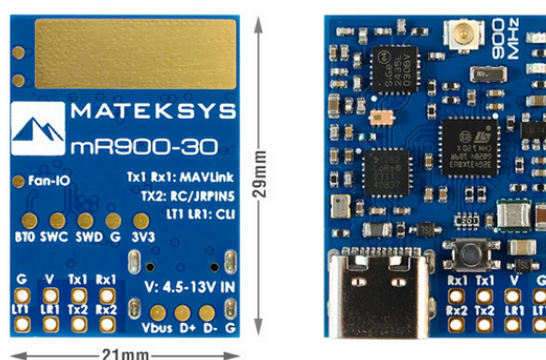
Rysunek 4. KST Servo - X10 Mini Pro-A Wing [4]

Moduły telemetrii

Do daleko zasięgowej komunikacji radiowej używamy dwóch oddzielnych rozwiązań opartych na MAVLink – jednego do telemetrii, drugiego do sterowania radiowego. Taki podział zapewnia stabilną transmisję danych nawet na duże odległości.

mLRS MAVLink 900MHz Odbiornik, mR900-30 – telemetria

Matek MLRS (rysunek 5) to moduł telemetrii oparty na technologii LoRa, zaprojektowany do komunikacji UAV. Bazuje na mikrokontrolerze STM32G431KB i transceiverze LoRa SX1262 z TCXO. Obsługuje częstotliwości wokół 900 MHz (868/915 MHz w zależności od regionu) i moc nadawczą do 30 dBm (1W).



Rysunek 5. mR900-30 Receiver [5]

ExpressLRS 2.4GHz Nano Receiver – Sterowanie radiowe

RadioMaster RP1 V2 to nano odbiornik ExpressLRS 2.4GHz (rysunek 6), zaprojektowany do zastosowań FPV. Działa w oparciu o mikrokontroler ESP8285 i układ RF Semtech SX1281. Obsługuje bardzo niskie opóźnienia i częstotliwości odświeżania do 1000Hz. Posiada złącze U.FL z anteną typu T oraz TCXO dla stabilności częstotliwości. Wbudowane Wi-Fi umożliwia aktualizację oprogramowania przez przeglądarkę.



Rysunek 6. V2 ExpressLRS 2.4ghz Nano Receiver [6]

Ranger Micro 2.4GHz ELRS – Moduł nadawczy kompatybilny z RX eLRS

RadioMaster Ranger Micro (rysunek 7) to moduł nadawczy ELRS 2.4GHz z wydajnym chłodzeniem. Obsługuje częstotliwości pakietów do 1000 Hz i oferuje moc nadawczą do 30dBm (FCC) lub 20 dBm

(CE). Bazuje na ESP32 i ESP8285 oraz chipie SX1281. Obsługuje Wi-Fi i Bluetooth. Pasuje do slotów JR-style i dostarczany jest z firmware ExpressLRS zgodnym z przepisami CE – ograniczającym moc do 100 mW, co jest przydatne podczas testów w Polsce.



Rysunek 7. Ranger Micro 2.4GHZ ELRS Module [7]

Kamera Cyfrowa

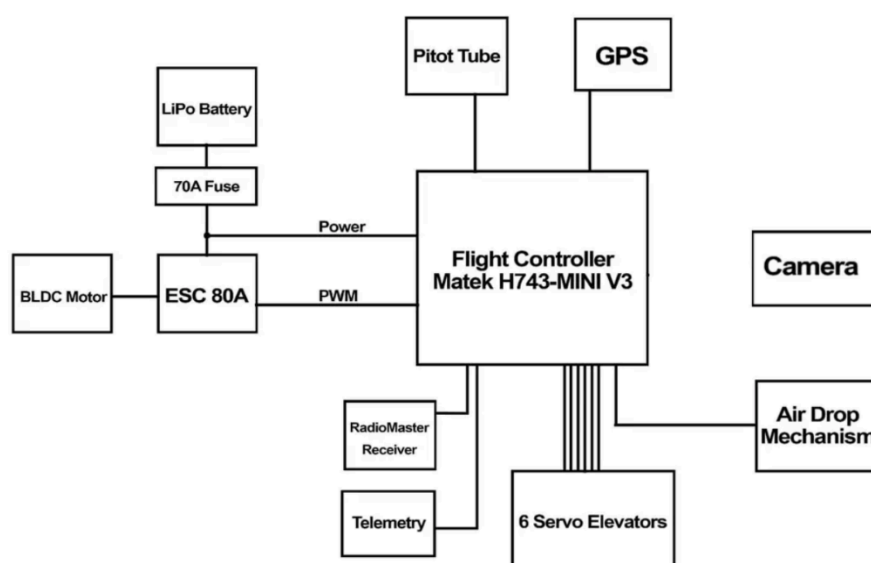
Kamera używana przez zespół programistów do systemów wizyjnych musiała być kompaktowa, wytrzymała i oferować wysoką rozdzielczość. Wybrana została GoPro HERO 11 Black (rysunek 8) – kamera sportowa do rejestrowania materiałów w trudnych warunkach. Działa jako urządzenie niezależne – nie komunikuje się z pozostałymi komponentami UAV. Jej jedynym celem jest rejestracja wideo do późniejszej analizy. Kamera posiada przetwornik CMOS 1/1.9", nagrywa w jakości do 5.3K/60fps i wykonuje zdjęcia 27 MP. Obsługuje wiele proporcji obrazu (8:7, 4:3, 16:9) oraz system stabilizacji HyperSmooth 5.0 z funkcją Horizon Lock i AutoBoost.



Rysunek 8. GOPRO HERO 11 BLACK [8]

Konfiguracja systemu

Po wybraniu wszystkich komponentów cyfrowych, zostały one połączone z odpowiednimi pinami kontrolera lotu i skonfigurowane przy użyciu oprogramowania Mission Planner, po wcześniejszym wgraniu firmware ArduPilot. Schemat połączeń cyfrowego systemu UAV przedstawiono na rysunku 9 poniżej.



Rysunek 9. UAV electronic system connection diagram.

Chociaż silnik, bateria i ESC są kluczowymi częściami samolotu, zostały one szczegółowo opisane w innych dokumentach projektowych. Niniejszy dokument koncentruje się wyłącznie na czujnikach cyfrowych i systemach komunikacji.

Bibliografia

1. Mateksys H743 WING V2 - <https://www.mateksys.com/?portfolio=h743-wing>
2. GPS & Compass - <https://www.mateksys.com/?portfolio=m8q-5883>
3. Airspeed sensor - <https://www.mateksys.com/?portfolio=aspd-4525#tab-id-2>
4. KST Servomotor - <https://spexdrone.com/products/kst-servo-x10-mini-pro-a-wing-servo-8-0kg-0-08-sec-4-8-8-4v-dc>
5. mLRS Receiver - <https://www.mateksys.com/?portfolio=mr900-30>
6. ExpressLRS - <https://www.radiomaster.com/products/rp1-expresslrs-2-4ghz-nano-receiver>
7. Ranger Micro 2.4GHZ ELRS - <https://www.radiomaster.com/products/ranger-micro-2-4ghz-elrs-module>
8. GoPro camera - <https://gopro.com/en/pl/shop/cameras/hero11-black/CHDHX-111-master.html>