



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Wiedza i doświadczenie projektowe wizytówką absolwenta kierunku automatyka i robotyka na Wydziale Automatyki, Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej

POKL.04.01.02-00-020/10

Program Operacyjny Kapitał Ludzki współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego

Gliwice, 14.X.2013 r.

Międzywydziałowe Koło Naukowe High Flyers
Wydział Automatyki Elektroniki i Informatyki
Kierunek Automatyka i Robotyka

dr hab. inż. Marek Pawełczyk, prof. nzw. w Politechnice Śląskiej
Koordinator Projektu POKL.04.01.02-00-020/10

Raport z realizacji projektu:

Quadrotor II

Zespół projektowy:

Oliver Kurgan (lider projektu)		Marcin Janik (konsultant projektu)	
Jacek Kałuża		Dawid Łapiński	
Patryk Nocoń		Tomasz Konrad	
Kamil Wencel			
Podpis opiekuna Koła Naukowego			

1. Opis projektu

- 1.1. **Cel projektu:** Dopracowanie konstrukcji oraz algorytmów sterowania platformy zaprojektowanej w poprzedniej edycji projektu. Utworzenie prostej aplikacji służącej do strojenia platformy „w locie” oraz wprowadzenie częściowej autonomii obiektu polegającej na regulacji wysokości lotu.
- 1.2. **Założenia projektu:** Zapoznanie się z istniejącymi rozwiązaniami w zakresie autonomii podobnych platform. Projekt zakłada gruntowne testy czujników odległościowych oraz ciśnieniowych pozwalających określić wysokość, na jakiej aktualnie znajduje się platforma. Dodatkowo w ramach prac zostanie zaprojektowana nowa, poprawiona wersja kontrolera lotu oraz prowadzone będą badania nad niwelacją dryftu platformy na podstawie obrazu z kamery niskiej rozdzielczości analizowanego bezpośrednio na platformie.
- 1.3. **Oczekiwane wyniki:** Wynikiem przeprowadzonych prac ma być w pełni funkcjonalny prototyp platformy latającej zdolny do autonomicznego, stabilnego utrzymywania zadanej wysokości, wyposażony w nowy kontroler lotu oraz pozbawiony wad platformy z poprzedniej edycji projektu.
- 1.4. **Ocena ryzyka projektu:** Zakładając realizację projektu przez osoby o różnym stopniu zaznajomienia ze specjalistycznym sprzętem, istnieje ryzyko związane z uszkodzeniem platformy latającej oraz niektórych elementów elektronicznych. Uwzględniając natomiast dotychczasowe zaangażowanie uczestników projektu w ramach prac w strukturach koła naukowego, ich chęć poszerzania wiedzy, dodając do tego ścisłą współpracę z opiekunami naukowymi oraz konsultantami projektu, można określić ryzyko niezrealizowania celów projektowych za minimalne.

2. Przebieg prac projektowych

2.1. Zaprojektowanie i wykonanie poprawionej wersji kontrolera lotu odpowiedzialnego za stabilizację oraz monitorowanie parametrów lotu quadrokoptera.

Zaprojektowanie oraz uruchomienie kontrolera lotu było kluczowym elementem modernizacji platformy. Zdecydowano się na konstrukcję modułową kontrolera:

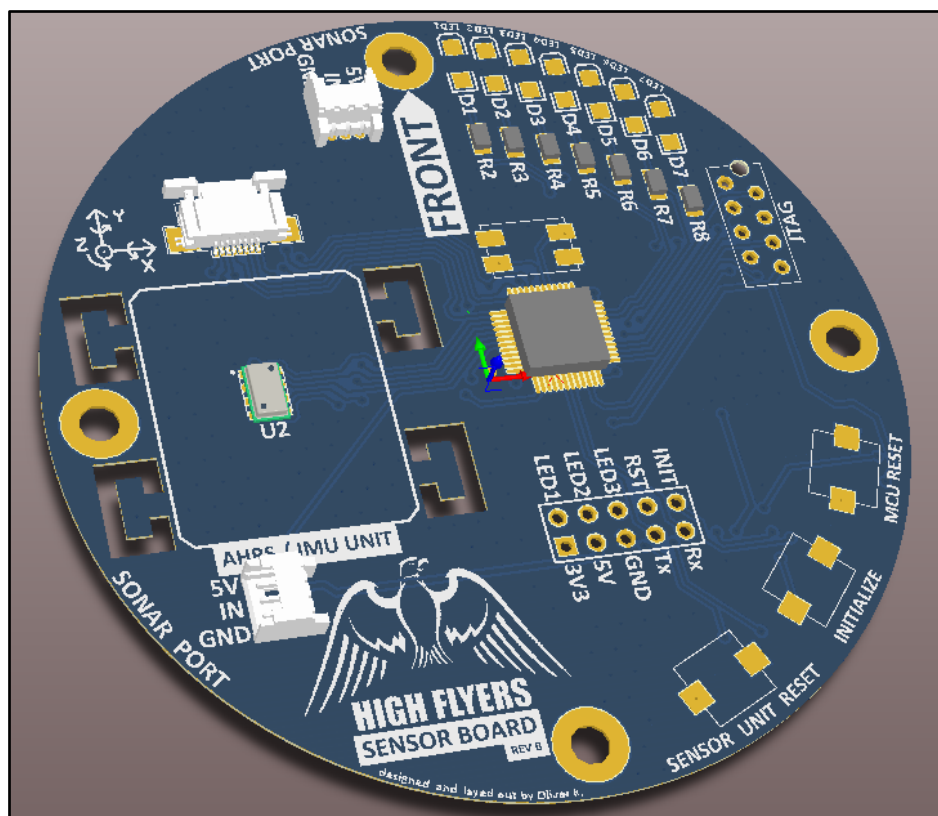
- Moduł zasilający odpowiedzialny za dystrybucję zasilania na regulatory obrotów oraz za dostarczenie napięć 5 V oraz 3,3 V do zasilania pozostałych układów.
- Jednostka centralna odpowiedzialna za sterowanie platformą na podstawie danych dostarczonych przez układ wizyjny oraz przez jednostkę odpowiedzialną za nowe oczujnikowanie.
- Moduł sensoryczny odpowiedzialny za akwizycję danych z czujników pokładowych, ich interpretację i filtrację.

W pierwszym etapie prac utworzony został schemat logiczny połączeń pomiędzy wszystkim elementami znajdującymi się na płytce, w których skład wchodzi czujniki, mikroprocesory, przetwornice oraz inne drobne elementy elektroniczne.

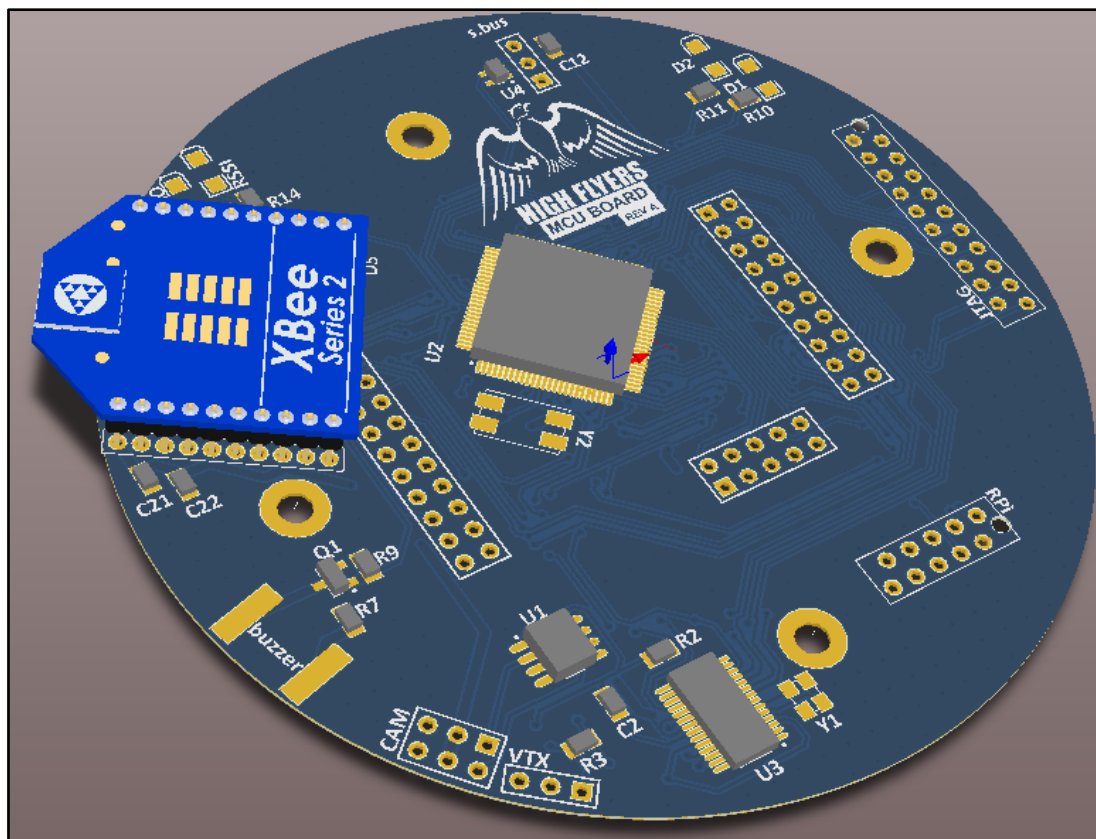
Po utworzeniu schematu, elementy zostały rozmieszczone na płytce, a następnie ułożone zostały ścieżki – fizyczne połączenia pomiędzy elementami. W przypadku modułu sensorycznego zdecydowano się także na mechaniczne oddzielenie czujników inercyjnych oraz pozostałej części płytki. W tym celu zaprojektowano dodatkową płytkę o niewielkich rozmiarach, która zostanie

przytwierdzona do płytki macierzystej za pośrednictwem dwustronnej taśmy piankowej, co pozwoli na częściowe wyeliminowanie drgań. Połączenia natomiast zostały wykonane za pomocą taśmy FFC.

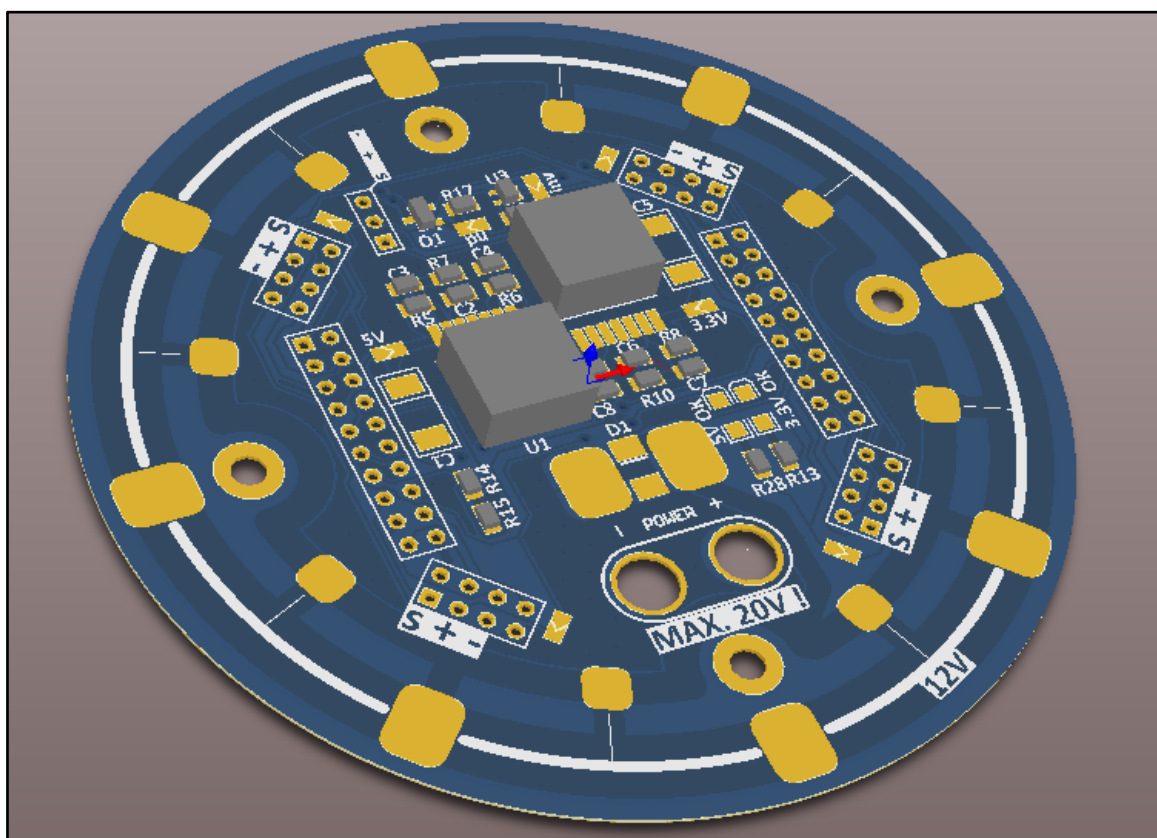
Na płytce jednostki centralnej umieszczony został procesor główny, moduł radiowy oraz buzzer służący do sygnalizacji niskiego stanu naładowania baterii lub wejścia platformy w tryb failsafe. Na module zasilającym jedynymi elementami elektronicznymi są przetwornice napięcia oraz niezbędne do ich funkcjonowania drabinki rezystorowe. W tym module kluczowym aspektem była grubość ścieżek rozpraszających energię dla regulatorów obrotów, są one bowiem narażone na dość duże prądy.



Rys. 1 - Model 3D układu modułu oczujnikowania.

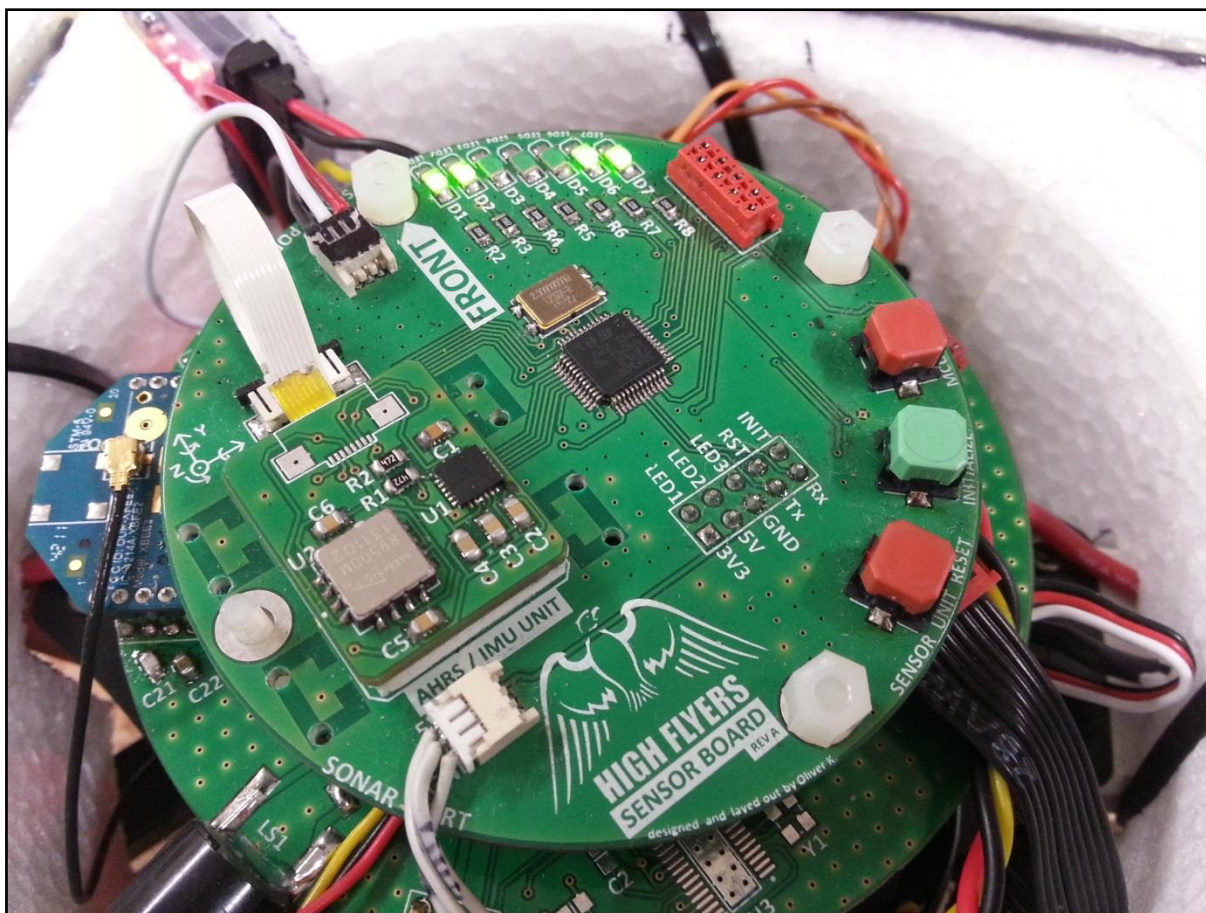


Rys. 2 – Model 3D układu jednostki centralnej.



Rys. 3 – Model 3D układu zasilania.

Natomiast poniższe zdjęcie przedstawia kompletny, zmontowany i w pełni funkcjonalny układ kontrolera. Moduł został przetestowany zarówno w laboratorium, poprzez testy stacjonarne oraz w warunkach rzeczywistych – podczas lotu platformy.

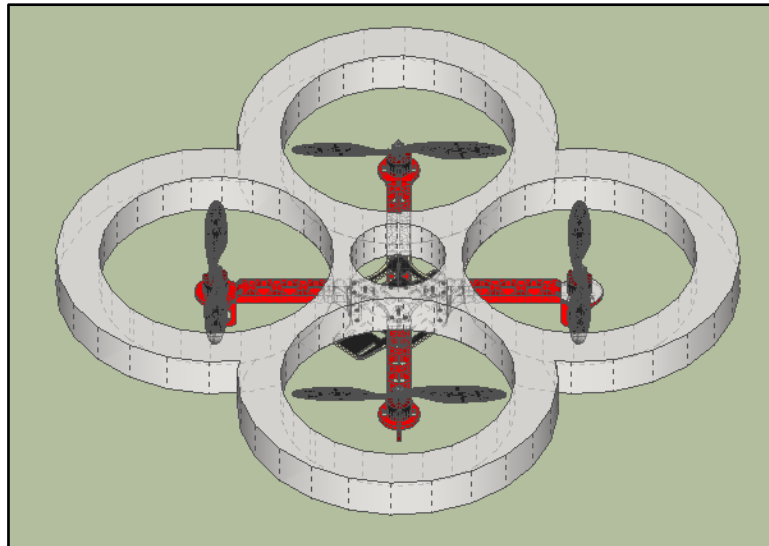


Rys. 4 – Zmontowany i uruchomiony układ.

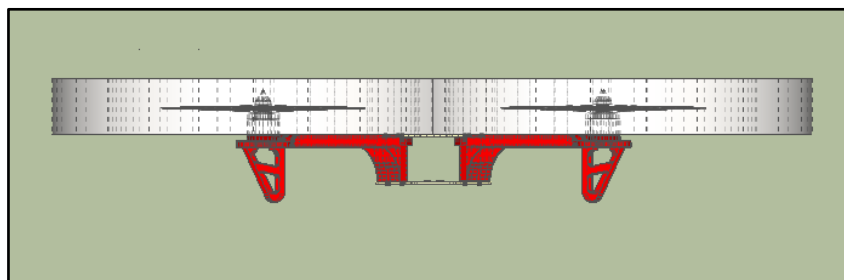
2.2. Udoskonalenie konstrukcji mechanicznej

Konstrukcja mechaniczna ramy nośnej quadrokoptera nie została zmieniona, postanowiono natomiast wyposażać ją w obudowę ochronną. Jej głównym celem jest zapobieganie uszkodzeniu śmigieł platformy przy zetknięciu z przeszkodami. Pozwoli to na poruszanie się w ciasnym, zamkniętym pomieszczeniu, gdzie ryzyko natrafienia na jakąkolwiek przeszkodę jest stosunkowo duże.

Projektowana obudowa musiała zostać wykonana w taki sposób, aby nie zaburzała pracy układu napędowego, pełniąc jednocześnie funkcję ochronną. Priorytetową kwestią była również waga obudowy. Z tego powodu zdecydowano się wykonać ją z elaporu (EPP), czyli tworzywa sztucznego stosowanego w produkcji opakowań i obudów ochronnych w przypadkach, gdzie wymagana jest wysoka sprężystość przy powtarzającym się obciążeniu statycznym i dynamicznym. Właścicielami produktów wytwarzanych z EPP są dobra odporność chemiczna i niska waga.



Rys. 5 – Model 3D obudowy – widok z góry.



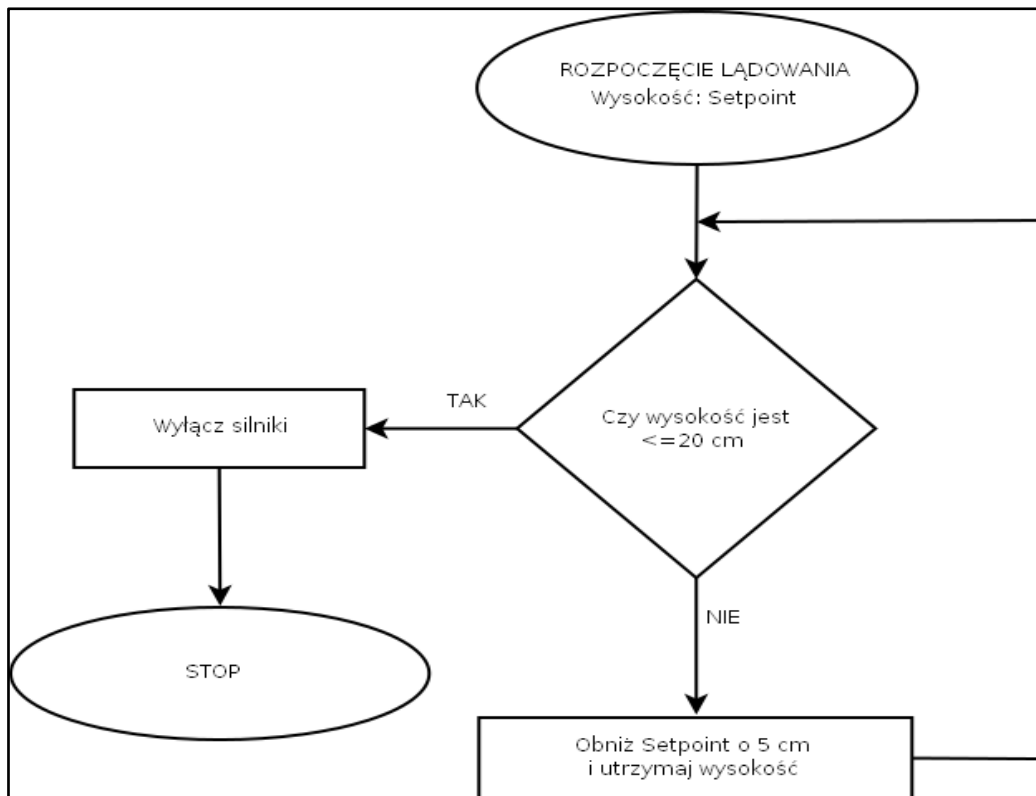
Rys. 6 – Model 3D obudowy – widok z boku.



Rys. 7 – Wykonana obudowa podczas testów.

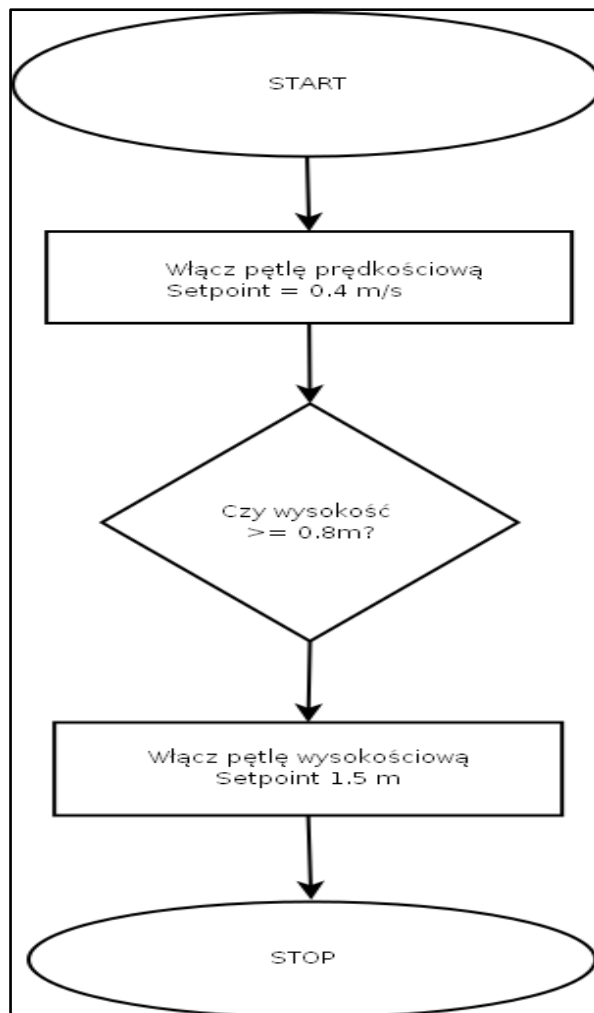
2.3. Implementacja i testy częściowej autonomii platformy

W pierwszym kroku opracowano algorytm lądowania tak, aby zapewnić jak najbezpieczniejsze obniżenie się platformy do poziomu ziemi. Aby to uczynić poziom zadany wysokości jest cyklicznie zmniejszany o optymalną wysokość 5 cm. Przy niższym tempie opadania, quadrotor był podatny na zakłócenia związane z odbijaniem się strugi powietrza od ziemi, a większe tempo opadania groziło zbyt gwałtownym uderzeniem quadrotora w ziemię. Na wysokości 15 cm silniki zostają wyłączone. Zapobiega to zatrzymaniu quadrotora na poziomie uchybu ustalonego i jednocześnie taka wysokość nie zagraża uszkodzeniu jednostki podczas tego manewru.



Rys. 8 – Schemat blokowy algorytmu lądowania.

Następnie zaimplementowany został algorytm startu platformy, który jest bardzo ważnym zagadnieniem w kontekście innego algorytmu działającego na platformie – algorytmu *optical flow*. Ważne jest, aby platforma oddaliła się od ziemi możliwie szybko, aby występujące niepożądane zjawisko "poduszki powietrznej" zadziało na quadrotor w jak najmniejszym stopniu. Realizacja algorytmu startu wykorzystuje obie dostępne na platformie pętle regulacji: prędkościową i wysokościową. Początkowo działającą pętlą jest pętla prędkościowa nadająca platformie optymalną prędkość wznoszenia. Po przebyciu przez platformę odpowiedniej odległości, algorytm przełącza pętlę na pętlę wysokościową, która ustawia quadrotor na odpowiedniej wysokości.



Rys. 9 – Schemat blokowy algorytmu startu.

Ostatnim etapem prac były testy platformy. Jako że zbudowany quadrotor przeznaczony jest do lotów w zamkniętych pomieszczeniach, testy przeprowadzone zostały na hali sportowej. Pozwoliło to na bezpieczne przetestowanie wszystkich zaimplementowanych rozwiązań bez obawy o zniszczenie platformy. Podczas testów pilot bezpieczeństwa w każdej chwili mógł przejąć kontrolę nad platformą w momencie kiedy ta zagrażałaby bezpieczeństwu.

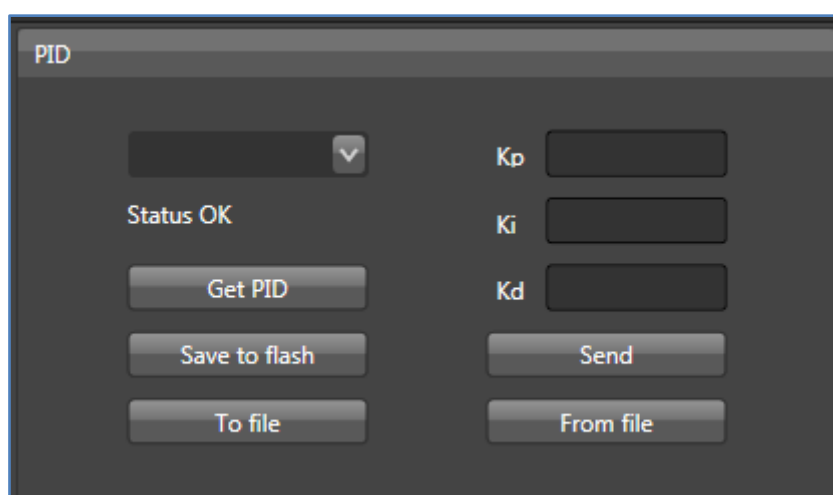


Rys. 10 – Platforma podczas testów.

Przeprowadzone testy wypadły pomyślnie. Quadrotor jest w stanie wykonać autonomiczny start oraz lądowanie po otrzymaniu komendy z naziemnej stacji kontroli lotu.

2.4. Aplikacja do strojenia platformy w locie

Napisana aplikacja miała za zadanie ułatwić dostrajanie parametrów pętli regulacyjnych zaimplementowanych na platformie, także podczas lotu platformy. Program uruchomiony na komputerze komunikował się bezprzewodowo z platformą i pozwalał na zmianę parametrów w dowolnej chwili. Kod został napisany w języku C# przy zastosowaniu środowiska Microsoft Visual Studio.



Rys. 11 – Aplikacja pozwalająca na zmianę nastaw pętli regulacji.

3. Podsumowanie

W wyniku prac projektowych platforma została gruntownie udoskonalona w porównaniu do poprzedniej wersji, która była wynikiem prac poprzedniej edycji projektu. Projekt i wdrożenie nowego kontrolera lotu pozwolił na rozwinięcie istniejących już funkcji platformy oraz na implementację nowych rozwiązań, które znacznie podniosły poziom autonomii obiektu. W obecnej chwili do sterowania platformą nie jest wymagany pilot, a jedynie operator po krótkim przeszkoleniu. Nie mniej jednak pozostało jeszcze wiele do zrobienia, aby obiekt był w pełni autonomiczny, jak na przykład wykrywanie i omijanie przeszkód czy przystosowanie platformy do lotów na zewnątrz.

4. Zakupy realizowane w ramach projektu

4.1. Lista zakupionych przedmiotów

- Zestaw elementów napędowych wielowirnikowca
- Gimbal na kamerę
- Rama hexacopter
- Futaba R6308SBT odbiornik z nadajnikiem telemetry 2.4GHz FASST

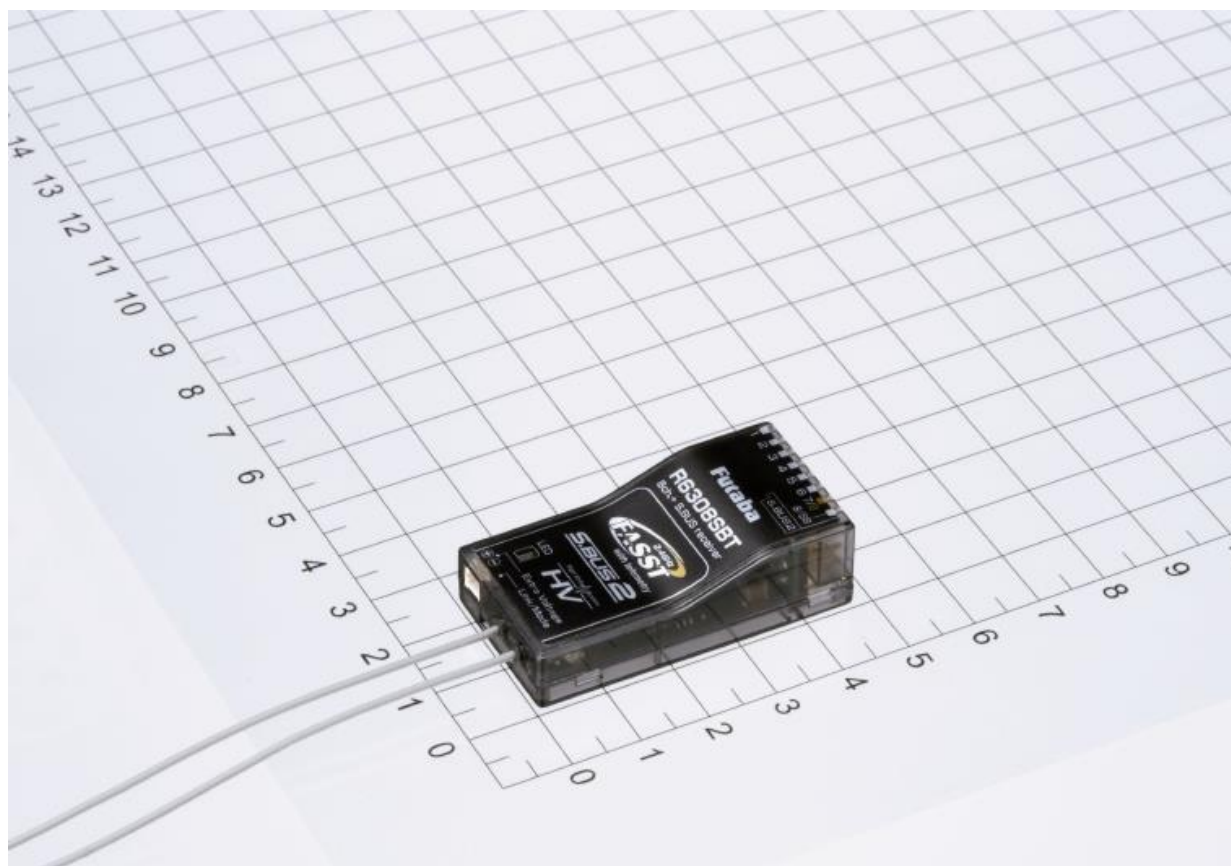
4.2. Zdjęcia zakupionych przedmiotów



Rys. 12 – Zestaw elementów napędowych – śmigła, silniki oraz regulatory obrotów.



Rys. 13 – Rama hexacopter.



Rys. 14 – Odbiornik Futaba



Rys. 15 – Gimbal na kamerę, przeznaczony do kamer GoPro.

5. Publikacja wyników projektu

Adres publikacji wyników projektu w Internecie:

<http://www.uav.polsl.pl>