

Studenckie Koło Naukowe CHIP

*Politechnika Gdańska
Wydział Elektroniki Telekomunikacji i Informatyki*



**Bezzałogowy Statek Latający
CHIP-5 „PCV”**

Dokumentacja techniczna



Spis treści

1. Wprowadzenie.....	4
1.1 O projekcie	4
1.2 Skład zespołu.....	5
1.3 Założenia konstrukcyjne.....	5
1.4 Parametry modelu.....	5

1. Wprowadzenie

1.1 O projekcie

CHIP-5 „PCV” jest samolotem zaprojektowanym oraz wykonanym przez studentów wydziału ETI Politechniki Gdańskiej. Idea powstania bezzałogowego statku powietrznego powstała w 2009 roku, był to jeden z impulsów, które przyczyniły się do powstania koła naukowe CHIP na katedrze Systemów Mikroelektronicznych wydziału ETI PG. Mimo że koło powstało przy katedrze mikroelektroniki jego głównym celem było stworzenie modelu mogącego wziąć udział w zawodach w Bezmiechowej. Opieki nad kołem oraz projektem podjął się dr inż. Bogdan Pankiewicz.

Prace trwały parę lat i dopiero w 2011 roku zaistniała realna możliwość przygotowania latającego modelu. Niestety błędy wynikające z braku doświadczenia w budowie modeli oraz systemów awioniki spowodowały, że nie udało się doprowadzić projektu do końca. Postanowiliśmy porzucić stary model i zacząć wszystko od początku eliminując błędne założenia poprzedniego projektu.

Nowy samolot miał być przede wszystkim prostszy w budowie, wykonany z lżejszych materiałów oraz łatwiejszy w naprawie. „Diodolot” powstał na początku 2012 roku jako podstawowe materiały wybraliśmy styrodur oraz styropian. Krótki czas budowy oraz oblot utwierdził nas w przekonaniu, że mały i lekki model jest dużo lepszym rozwiązaniem. Ze względu na małe problemy z wyważeniem oraz znalezieniem dalszych możliwości zmniejszenia masy postanowiliśmy zbudować jeszcze jeden samolot.

Budowa CHIP-5 „PCV” zajęła 10 dni pracy Marcina. Idea była prosta – mała masa i maksymalna prostota konstrukcji. Oprócz styroduru i styropianu część elementów została wykonana z rur PCV, którym model zawdzięcza swoją nazwę. Oblot pokazał, że można zrobić tani prosty samolot mogący zabrać na pokład elektronikę potrzebną do uruchomienia autopilota oraz system transmisji obrazu.

Oprócz modelu przygotowana została nowa awionika. Stare płytki, mimo że działały, zawierały kilka błędów dlatego postanowiliśmy zrobić je od nowa. Umożliwiło to

przystosować rozmiary do nowego modelu oraz zmienić architekturę na 32 bitową wykorzystując procesory z rdzeniem ARM.

1.2 Skład zespołu

Marcin Przedwojewski – projekt i wykonanie płatowca, moduły awioniki (bezwładnościowy, aerometryczny, GPS, komputer pokładowy), oprogramowanie, ruchoma głowica obserwacyjna, zdalne sterowanie aparatu cyfrowego, stacja naziemna (podgląd obrazu z kamery), łączność radiowa, pilot

Łukasz Hawryłko – system zasilania awioniki, obserwator

Piotr Moczulski – wykonanie stacji naziemnej, obsługa stacji naziemnej

Dane kontaktowe:

marcinprzedwojewski@gmail.com

1.3 Założenia konstrukcyjne

- ⤴ zgodność z regulaminem konkursu BSL Bezmiechowa
 - maksymalna masa startowa 5kg
 - w stanie gotowym do transportu płatowiec mieści się w pojemniku transportowym o wymiarach wewnętrznych 1000 x 300 x 350 mm.
- ⤴ jak najmniejsza masa startowa
- ⤴ krótki czas budowy
- ⤴ niskie koszty wykonania
- ⤴ zbudowany z ogólnodostępnych materiałów
- ⤴ łatwy pilotaż

1.4 Parametry modelu

- ✧ rozpiętość: 2040mm
- ✧ długość: 1320mm
- ✧ wysokość: 460mm
- ✧ profil skrzydła: Clark Y
 - cięciwa przy kadłubie: 300mm
 - cięciwa na końcu skrzydła: 240mm
- ✧ profil usterzenia NACA 0008
 - wysokość statecznika pionowego: 300mm
 - rozpiętość usterzenia poziomego: 500mm
- ✧ masa startowa: 3kg
 - masa płatowca :1,7kg
 - masa silnika: 180g
 - masa regulatora: 84g
 - masa akumulatorów: 0,7kg
 - masa głowicy optycznej: 120g

2. Opis projektu

2.1 Płatowiec



Konstrukcja

Zgodnie z przyjętymi założeniami samolot miał być prosty w konstrukcji i łatwy w pilotażu, dlatego też zdecydowano się na układ motoszybowca z pojedynczym silnikiem umieszczonym z przodu i nisko położonym środkiem ciężkości. Zaprojektowany model jest górnopłatem, z klasycznym usterzeniem ogonowym, niewielkim, dwustopniowym wzniosem skrzydeł i podwieszanym pod kadłubem zasobnikiem z aparaturą rozpoznawczą.

Napęd

Bezszcotkowy silnik elektryczny Dualsky sterowany regulatorem obrotów 70A dysponujący znacznym nadmiarem mocy, zasilany przez zespół dwóch pakietów LiPo 3S 3200mAh. By ułatwić szybowanie z wyłączonym silnikiem i zwiększyć odporność zespołu podczas lądowania zastosowano śmigło składane 12x6.

Kadłub

Kadłub wycięty został termicznie ze styroduru i oszlifowany do pożądanego kształtu. Z przodu wklejono łożo silnika wykonane z PCV, będące jednocześnie gniazdem regulatora obrotów. W kadłubie wycięto dwie komory: większą – znajdującą się z przodu i przeznaczoną na akumulatory zasilające silnika oraz mniejszą – komorę wyposażenia dodatkowego i okablowania umieszczoną za węzłem mocowania skrzydeł. Do drugiej komory bezpośrednio dołączone jest gniazdo dołączanego ogona, tuż za nią umieszczona jest też platforma odbiornika gps. Od spodu kadłub wzmocniony został sklejką węzła zasobnika podwieszanego i dwoma sosnowymi podłużnicami. Sklejony kadłub pomalowano.

Ogon

Belkę ogonową wykonano z rurki PCV, montowana jest ona w gnieździe kadłuba na zatrzask, usterzenie klasyczne, wykorzystano profil NACA 0008, statecznik poziomy odejmowany, pionowy wysunięty został nieznacznie do przodu celem ułatwienia montażu usterzenia wysokości. Serwa zabudowano w statecznikach. W stateczniku pionowym zamontowano też modem radiowy łącza danych, by maksymalnie odsunąć go od pozostałych anten zabudowanych na płatowcu i zmniejszyć ryzyko interferencji

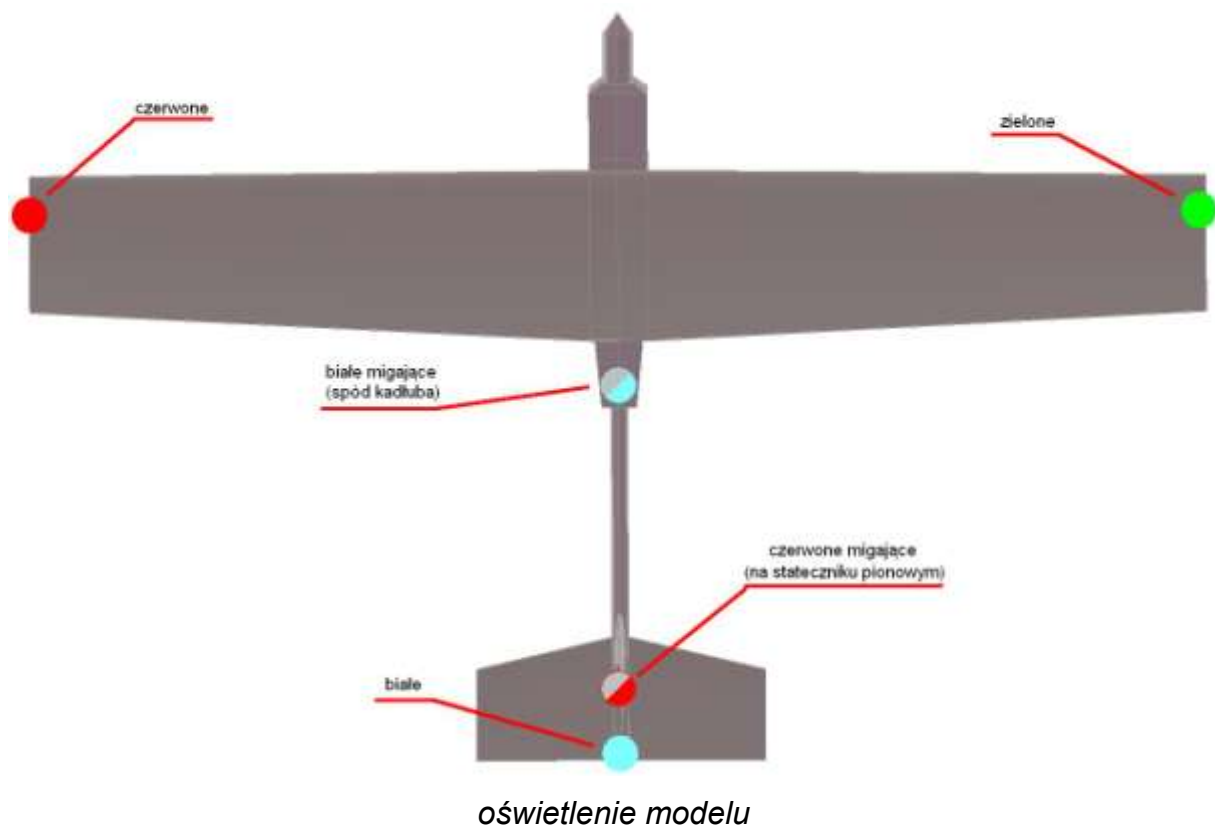
Skrzydła

W celu ułatwienia transportu i przechowywania modelu jest to konstrukcja dzielona, składa się z dwóch skrzydeł o długości 970mm (co wymuszone jest wymiarami regulaminowej skrzyni transportowej) łączonych bagnetem przechodzącym przez środek kadłuba. Obrys trapezowy, krawędź natarcia prostopadła do osi podłużnej samolotu, wyposażone w klapolotki. Rdzeń styropianowy skrzydeł wycięto termicznie, wzmocniono żebrami sklejkowymi, wzdłuż skrzydła od góry i od dołu wklejono sosnowe podłużnice, kieszenie bagnetu sięgające na 400mm w głąb skrzydła, prowadnica w kadłubie i sam bagnet są aluminiowe. Prawidłowe osadzenie skrzydeł i uniemożliwienie ich obracania się na bagnecie zapewniają kołki ustalające przy krawędzi spływu, wsuwające się w wycięte otwory kadłuba. Zewnętrzne pokrycie stanowi folia Orastick.

Zasobnik

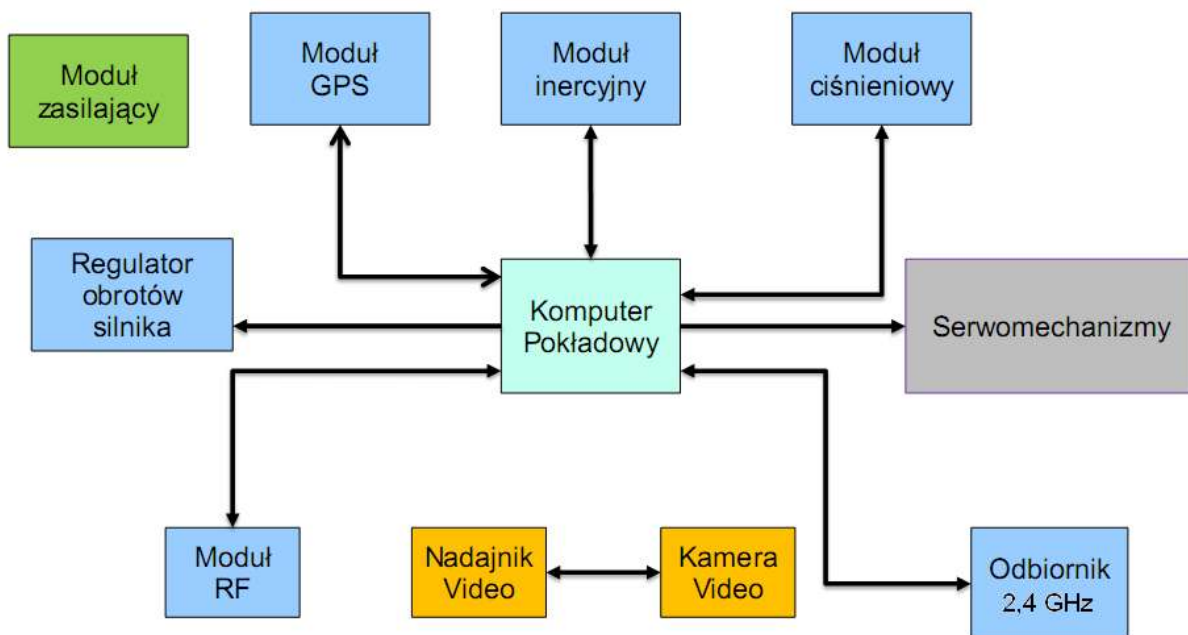
Podłużny zasobnik z rury PCV zawiera aparaturę rozpoznania przenoszoną przez samolot. Z przodu zamontowano ruchomą głowicę obserwacyjną, za nią znajduje się aparat cyfrowy i w ostatnim przedziale umiejscowiono komputer pokładowy. Wszystkie elementy zasobnika są demontowalne, zasobnik podwieszony jest do kadłuba na moście o wysokości 60mm.

Model wyposażony w oświetlenie pozycyjne:



2.2 Awionika

Zaprojektowanie modułów awioniki było głównym celem niniejszego projektu, z racji elektronicznego profilu koła naukowego. W ramach przygotowań opracowano 5 autorskich modułów.



Schemat blokowy awioniki

Moduł bezwładnościowy

Wyposażony w akcelerometr 3-osiowy ADXL35, dwa dwuosiowe żyroskopy LPR510AL i LPY510AL i magnetometr 3 osiowy HMC5883L. Mikrokontroler 32-bitowy ARM STM32F103 dokonuje filtracji odczytów i obliczeń pozwalających obliczyć kąty eulera (pochylenie $\pm 90^\circ$, przechylenie $\pm 180^\circ$, kurs $0-360^\circ$). Komunikacja z komputerem pokładowym odbywa się po magistrali i2c.



Aerometryczny

Mikrokontroler STM32 odczytuje i przetwarza dane z czujników ciśnienia statycznego BMP085 pozwalającego określić wysokość lotu i różnicowego MPX5004V umożliwiającego ustaleniu prędkości powietrznej. Mierzona jest także temperatura powietrza. Moduł ten umieszczono w prawym skrzydle, rurka pitota wyprowadzona została z krawędzi natarcia



GPS

Płytką pozwalającą na zapewnienie właściwych warunków pracy scalonego odbiornika 5Hz FGPMOPA6B. Za pomocą interfejsu USART przesyłane są dane dotyczące aktualnego położenia samolotu, pułapu, prędkości względem ziemi i kursu



Komputer pokładowy

Moduł centralny, oparty o 32-bitowy mikrokontroler STM32, wyposażony jest w

- 2 magistrale i2c (moduł bezwładnościowy, aerometryczny i aparat),
- 2 złącza USART (moduł radiowy i GPS)
- 4 wejścia ADC (pomiar napięcia akumulatorów)
- złącze kart SD (na chwilę obecną nieobsługiwane)
- 8 wejść PPM (odbiornik modelarski)
- 12 wyjść PPM (serwomechanizmy).



Moduł radiowy

W projekcie wykorzystano gotowy moduł radiowy HM-TRP, używający kluczowania częstotliwości(FSK) o przezroczystym łączu działający na częstotliwościach 433 MHz. Komunikacja odbywa się poprzez interfejs USART. Moduł ma możliwość indywidualnego doboru prędkości, częstotliwości, mocy i wielu innych parametrów w zależności od zapotrzebowań użytkownika.

- maksymalna moc wyjściowa 100mW(20dBm), zakres użytkowy 1-20dBm
- czułość -117dBm
- prąd zasilania dla nadajnika 100mA przy 20dBm, 40mA przy 14dBm
- prąd zasilania dla odbiornika 25mA
- standardowy interfejs TTL UART, rozszerzalny do RS232 i innych interfejsów
- prędkość komunikacji 1,2kbps-115,2kbps, możliwość modulacji przy użyciu software'a
- zasięg ponad 1km na otwartej przestrzeni

Aparat

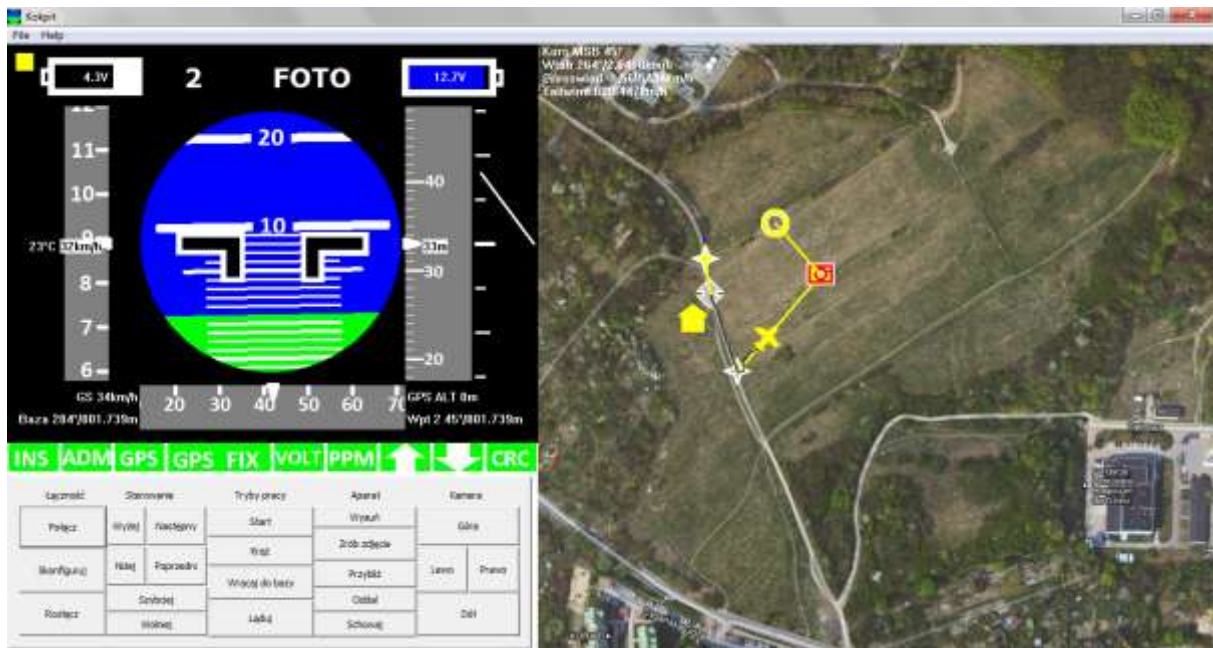
Lumix LZ10

Funkcjami aparatu steruje niewielka płytką z mikrokontrolerem ATmega 168, rozkazy przesyłane są drogą radiową z ziemi za pośrednictwem komputera pokładowego .

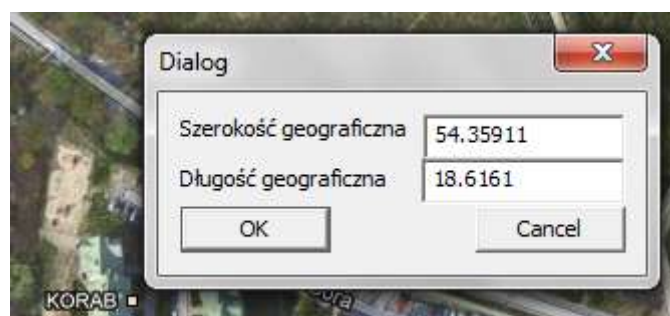
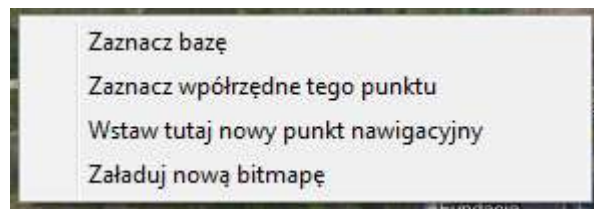
Kamera i transmisja obrazu

Na przedzie zasobnika podwieszającego znajduje się kopułka głowicy optycznej, skrywająca kamerę płytkową Sony CCD 480 linii. Głowica obserwacyjna wyposażona została w 2 serwomechanizmy pozwalające na pochylenie kamery (spojrzenie w dół/do przodu) oraz przechylenie kompensujące przechylenie całego samolotu (umożliwiając spoglądanie pionowo w dół w zakręcie). Sygnał na ziemię transmitowany jest z użyciem nadajnika FOX 800A i anteny 'inverted Vee'.

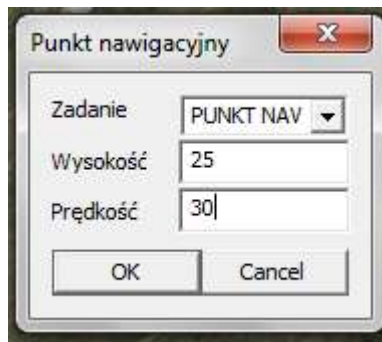
2.3 Stacja naziemna



Oprogramowanie stacji naziemnej pozwala na komunikację w czasie rzeczywistym z samolotem w systemie duplex. Pierwszą czynnością użytkownika po uruchomieniu urządzenia jest wczytanie mapy. Mapą może być każdy obraz w formacie mapy bitowej. W przypadku wyboru błędnego pliku zawsze można zmienić mapę klikając prawym przyciskiem na mapę i wybierając opcję "Załaduj nową bitmapę".



Następnie program musi wiedzieć jaki obszar terenu prezentuje mapa. W celu poinformowania go o tym wskazujemy mu współrzędne dwóch punktów na mapie. W celu wybrania pierwszego punktu klikamy na niego prawym przyciskiem i wybieramy opcję "Zaznacz współrzędne tego punktu". Następnie wpisujemy te wartości w oknie dialogowym. Dla drugiego punktu klikamy na niego dwukrotnie lewym przyciskiem i postępujemy analogicznie.



W celu wyboru trasy klikamy dwukrotnie lewym przyciskiem i wybieramy najpierw miejsce startu(współrzędne tego miejsca zostaną zaktualizowane po połączeniu się z samolotem). Następnie w ten sam sposób tworzymy pozostałe punkty nawigacyjne oraz bazę. W każdym punkcie samolot wykonuje zadanie zadane mu przez użytkownika na zadanej wysokości i prędkości dolotu. Jest 5 rodzajów zadań: start, lądowanie, lot do następnego punktu nawigacyjnego, krążenie i zrobienie fotografii. Krążenie jest nieograniczone czasowo, aby lecieć dalej należy kliknąć przycisk "Następny" na panelu.

Oprócz tego można wymusić wykonanie pewnej czynności od razu, takiej jak start, krążenie, lot bezpośrednio do następnego lub do poprzedniego punktu nawigacyjnego, powrót do punktu startu czy lądowanie. Te czynności są dostępne w panelu widocznym w lewej dolnej części ekranu, a rozkazy są wysyłane w postaci jednego bajtu danych. Panel ten jest podzielony na 5 kolumn. Pierwsza kolumna odpowiedzialna jest za komunikację z samolotem, do łączenia i rozłączania się. Przycisk "reset" ma charakter testowy. Kolejna kolumna służy do sterowania trajektorią maszyny. Przyciski "wyżej"/"niżej" zmieniają wysokość barometryczną lotu o 10[m], a przyciski "szybciej"/"wolniej" zmieniają prędkość wskazywaną IAS o 10[km/h]. Pozostałe dwie kolumny służą do obsługi aparatu fotograficznego i kamery. Obraz z tych urządzeń wyświetlany jest na osobnym urządzeniu z możliwością niezależnego ich sterowania.

Większość parametrów lotu widoczne jest w górnym lewym rogu ekranu, na wyświetlaczu podobnym do ekranów typu Glass Cockpit, wzorowanym na PFD na pokładzie samolotów Airbus czy EADI w samolotach Boeing. W centrum znajduje się sztuczny horyzont biorący dane z modułu bezwładnościowego (INS). Po lewej stronie widoczna jest prędkość wskazywana IAS w [km/h](taśma w [m/s]), po prawej wysokość barometryczna, zerowana w miejscu startu, w [m]. Oba te parametry są mierzone przez rurkę Pitota na pokładzie samolotu i tam przetwarzane przez centralę aerometryczną(ADM). Najbardziej na prawo umieszczone są wskazania wariometru wyskalowane co +/-0,5[m/s], najbardziej na lewo zaś temperatura sprężenia w [°C].

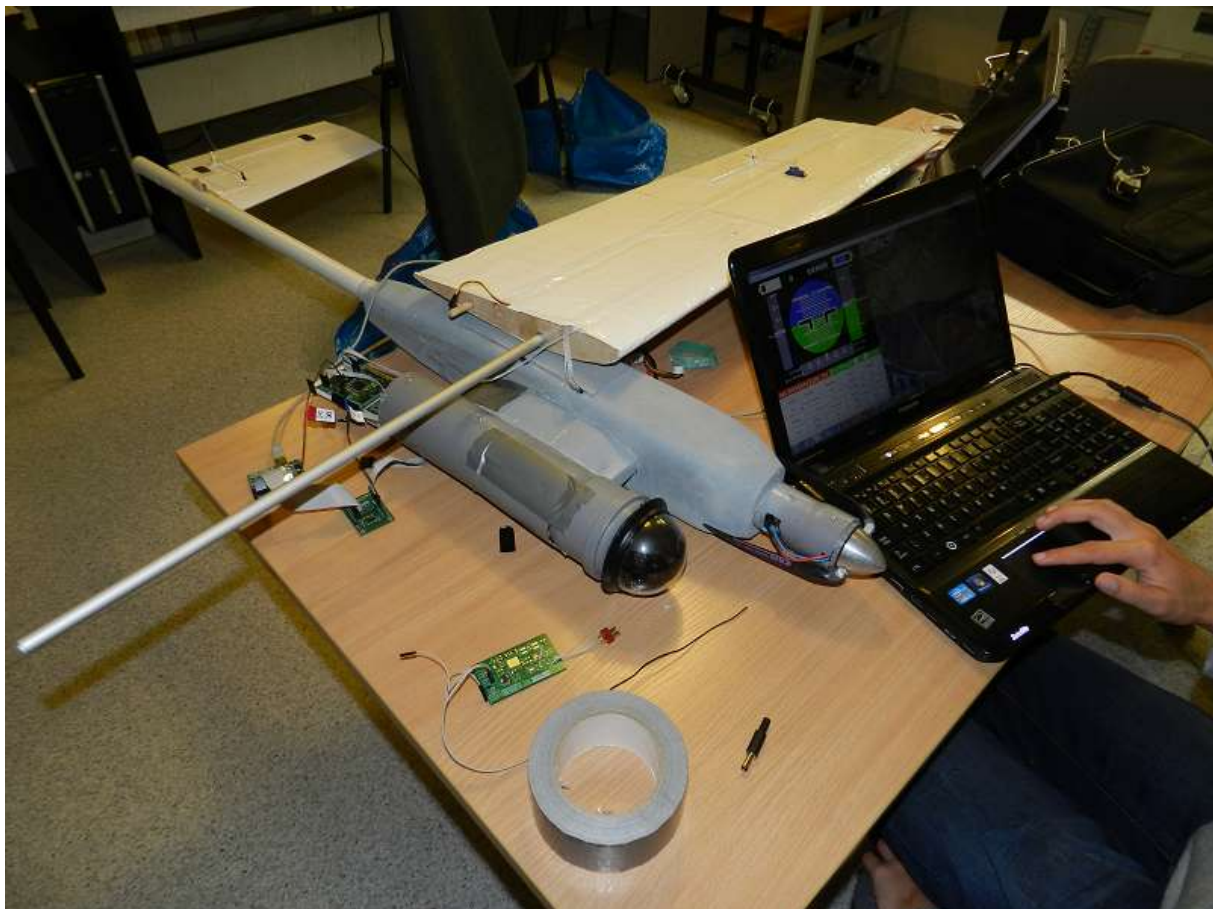
W górnej części wyświetlacza widoczne są wskaźniki napięcia na zasilaczach, odpowiednio zasilacza 1 po lewej i zasilacza 2 po prawej. Między nimi znajduje się liczba określająca nr punktu nawigacyjnego, do którego samolot właśnie zmierza, a obok niej zadanie jakie wykonuje samolot. Zadania są napisane w języku angielskim. Jeśli treść zadania jest dwuwyrzowa, a drugi wyraz to "MODE" to jest to skutek jednobajtowego rozkazu natychmiastowego wykonania, w innych sytuacjach jest to zadanie jakie ma wykonać po dolocie do punktu nawigacyjnego. W przypadku

nierozpoznania zadania wyświetla się napis "ERROR". Oprócz tego znajduje się kwadrat informujący o odbieraniu sygnałów od samolotu.

No dole znajduje się wskaźnik kursu magnetycznego, a po bokach prędkość względem ziemi GS, wysokość bezwzględną wg wskazań GPS, oraz kurs i odległość od bazy i następnego punktu nawigacyjnego.

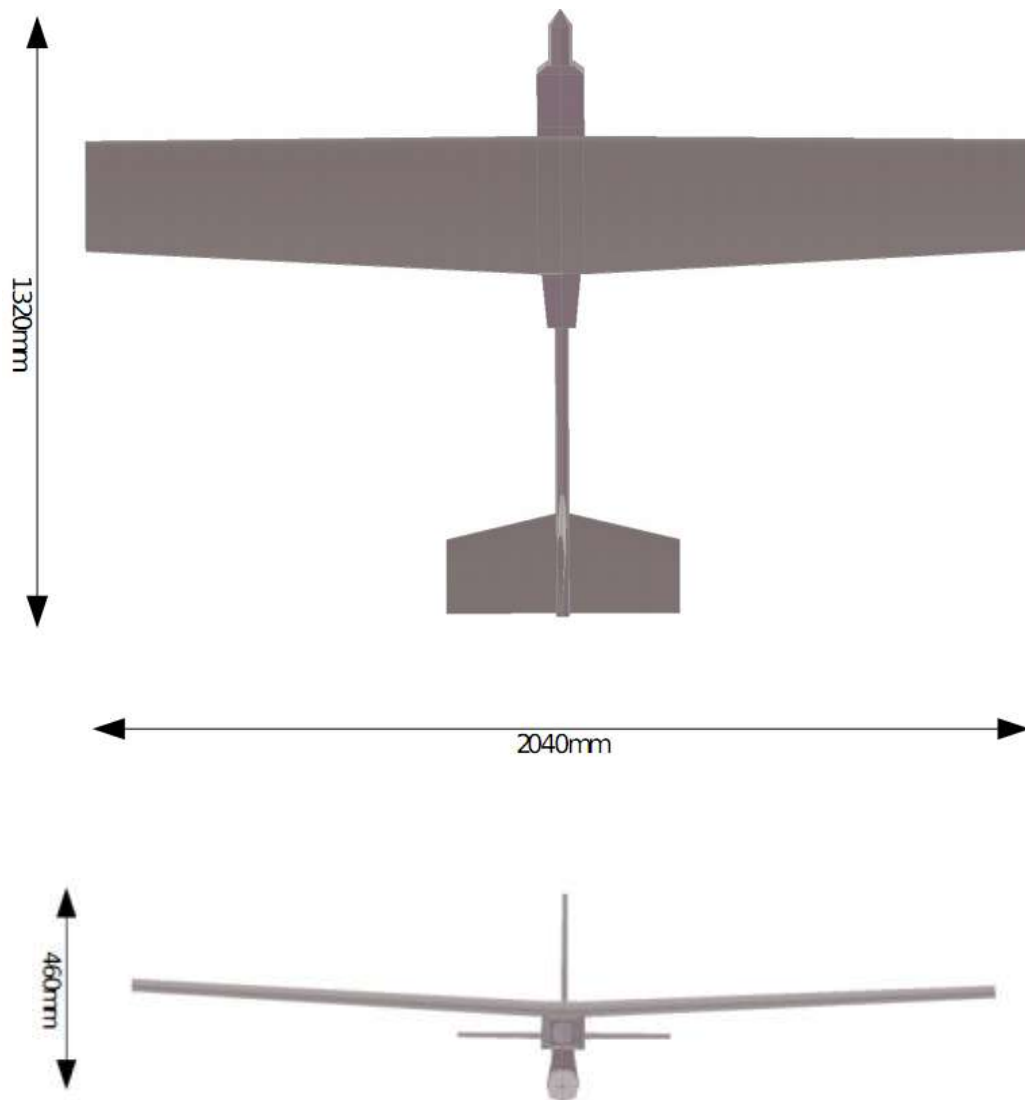
Poniżej znajduje się 7 kontrolki wskazujących gotowość (zielone) urządzeń pokładowych: modułu inercyjnego (INS), centrali aerometrycznej (ADM), GPS, zasilaczy i modułów radiowych korzystających z modulacji pozycji impulsu (PPM). Pozostałe kontrolki informują o błędzie (czerwone): nie znalezieniu lokalizacji przez GPS (GPS FIX), błędzie transmisji ziemia->samolot (strzałka w górę), nierozpoznanym typie ramki odebranej przez stację naziemną (strzałka w dół) i błędzie sumy kontrolnej CRC o sygnału odebranego przez ziemię.

Podczas lotu poszczególne odcinki trasy zmieniają kolor. Jeśli trasa ma być przeleciała odcinek ma kolor żółty. Jeśli samolot przelatuje przez dany odcinek to odcinek ten ma kolor pomarańczowy. Jeśli przez odcinek samolot już nie będzie leciał to ma on kolor szary. W przypadku gdy ma być przeleciała ale nie teraz, bo tuż przed nim jest zaplanowane jest krążenie to odcinek jest narysowany linią przerywaną.



testy stacji naziemnej

2.4 Wymiary fizyczne BSL



3. Kosztorys

Materiały konstrukcyjne: 120zł

Wyposażenie rc: (aparatura, odbiornik, serwa, silnik, regulator, pakiety) 1300zł

Łącze wideo: 440zł

Elementy elektroniczne awioniki: 300zł

4. Program prób w locie

Program prób w locie obejmował testy

- zachowanie się modelu w locie z prędkością minimalną, podczas wykonywania manewrów
- zachowania się modelu różnych warunkach atmosferycznych
- testy zasięgu łącza radiowego
- testy automatycznej stabilizacji





testy modelu w locie