



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.2013r.

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

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

Raport z realizacji projektu: Tracker II

Zespół projektowy:

Łukasz Szczurowski (lider projektu)
Wojciech Brychcy
Bartosz Dudziński
Paweł Kędzior
Bartosz Matyśkiewicz
Krzysztof Piróg

Podpis lidera projektu:

Łukasz Szczurowski

Podpis opiekuna projektu:

dr inż. Roman Czyba

1. Opis projektu

1.1 Cel projektu

Udoskonalenie koncepcji i wykonanie systemu sterowania anteną śledzącą wykorzystującego współrzędne GPS odebrane z samolotu.

1.2 Założenia projektu

Stworzenie oprogramowania dla zaprojektowanego wcześniej modułu elektronicznego platformy śledzącej bezzałogowy obiekt latający. Platforma powinna, przy pomocy wysłanego przez samolot sygnału z zakodowaną pozycją GPS, ustawiać antenę kierunkową tak, aby było możliwe ciągłe otrzymywanie sygnału z obiektu latającego. Dodatkowo system powinien być wyposażony w czujnik, który koryguje pozycję anteny w sytuacji, gdy antena jest przechylona względem ziemi. Modyfikacja pozwoli na odpowiednie nakierowanie anteny w dowolnym terenie.

1.3 Oczekiwane wyniki

Wynikiem prac ma być system sterowania platformą Tracker zdolny do odbierania współrzędnych bezzałogowego obiektu latającego i na ich podstawie odpowiednio ustawiający antenę kierunkową.

1.4 Ocena ryzyka projektu

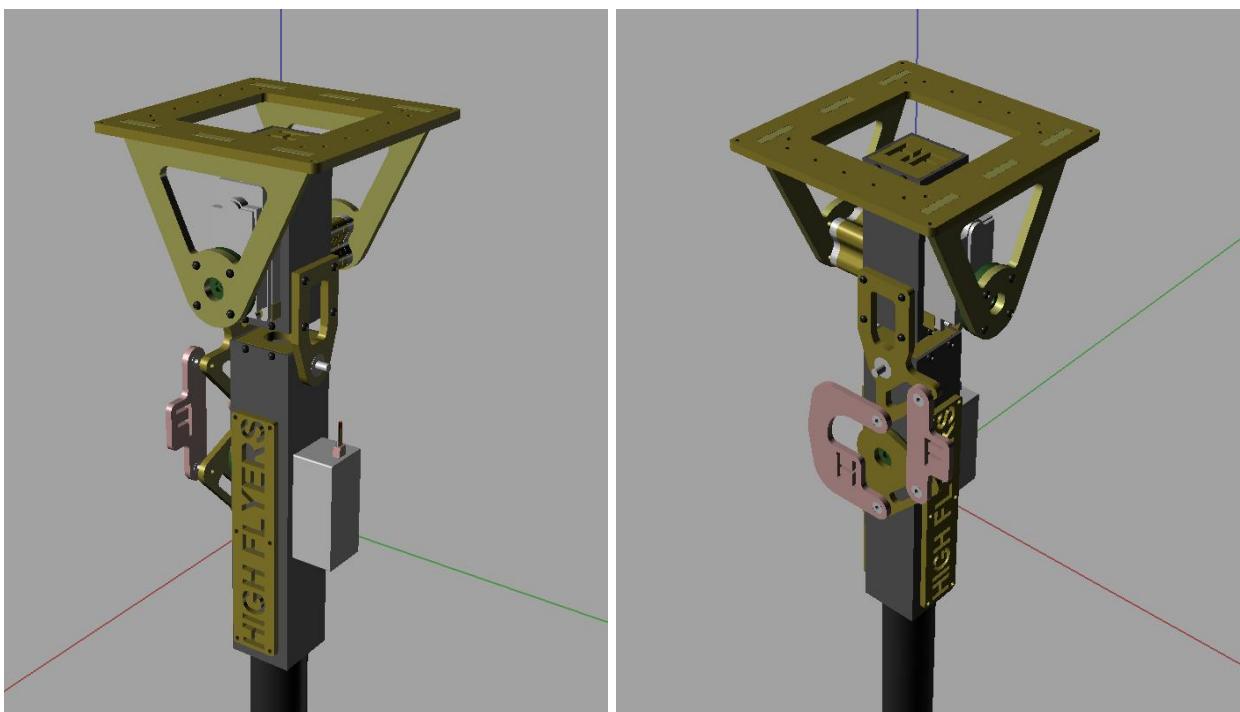
Zakładając realizację projektu przez osoby o różnym poziomie wiedzy z zakresu znajomości układów elektronicznych, istnieje ryzyko związane z uszkodzeniem niektórych elementów elektronicznych. Uwzględniając natomiast wszystkie osoby pracujące nad realizacją projektu, ich doświadczenie oraz wiedzę, przy ścisłej współpracy badawczo-projektowej z opiekunami naukowymi, można określić ryzyko niezrealizowania zadania w wyznaczonym terminie na niskie.

2 Wykonanie systemu zarządzającego pracą Trackera

2.1 Opracowanie ogólnego systemu zarządzającego pracą Trackera

Projekt rozpoczął się od przygotowania platformy mechanicznej, na której przeprowadzone zostaną testy utworzonego sterownika. Platforma składa się z zakupionego statywu i części mechanicznej odpowiedzialnej za poruszanie anteną. Mechanizm oparty jest na

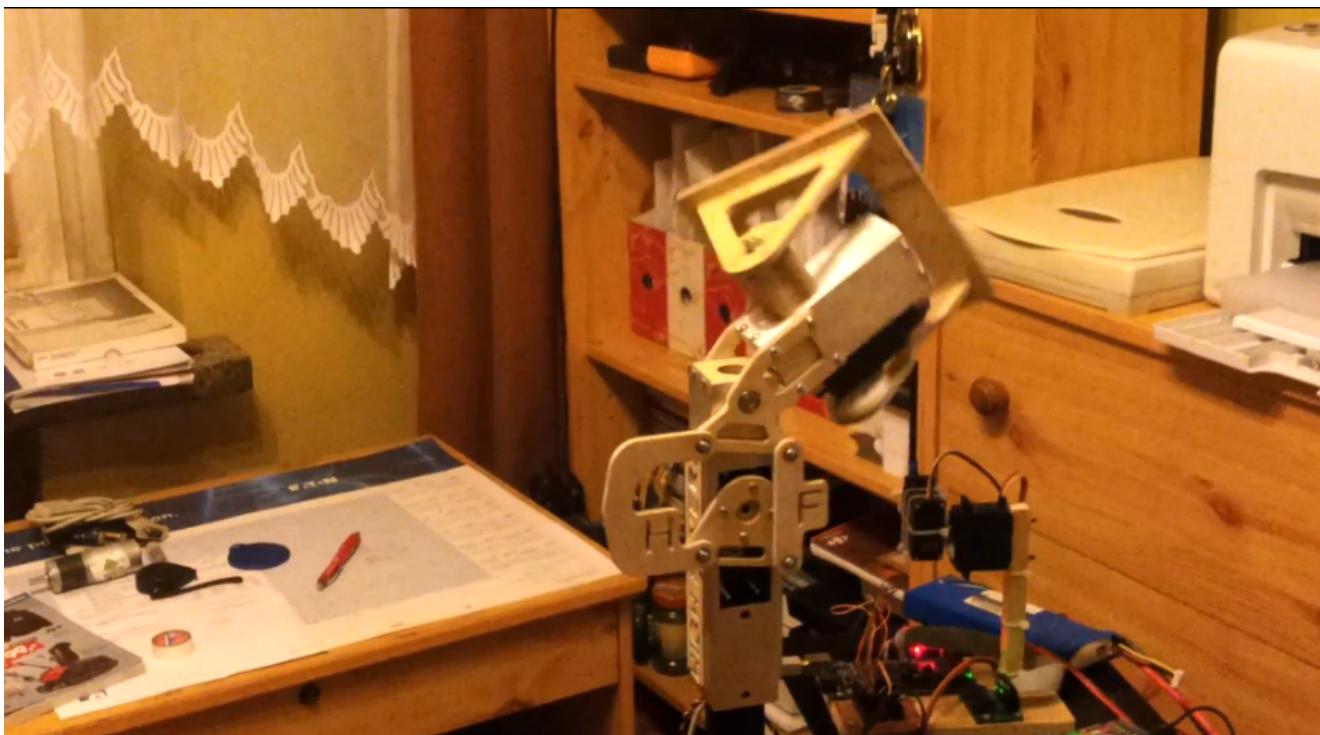
dwóch seromechanizmach, których płaszczyzny działania są przesunięte względem siebie o kąt 90° . Dzięki utworzonej platformie możliwe jest obracanie głowicą Trackera tak, aby można było ustawić ją w kierunku platformy latającej. Miejsce montażu anteny zostało zaprojektowane tak, aby możliwy był montaż anten o różnych rozmiarach i kształtach. Pod głowicą w odpowiednim miejscu umiejscowiono skrzynkę z modułem sterującym. Tracker dzięki zastosowanemu regulatorowi napięcia może być zasilany z szerokiego zakresu napięć (6 - 42V). Całość części mechanicznej została zaprojektowana tak, aby łatwy był ich montaż i demontaż z zakupionego statywów.



Wizualizacja projektu części mechanicznej platformy Tracker



Zdjęcie miejsca montowania anteny platformy Tracker

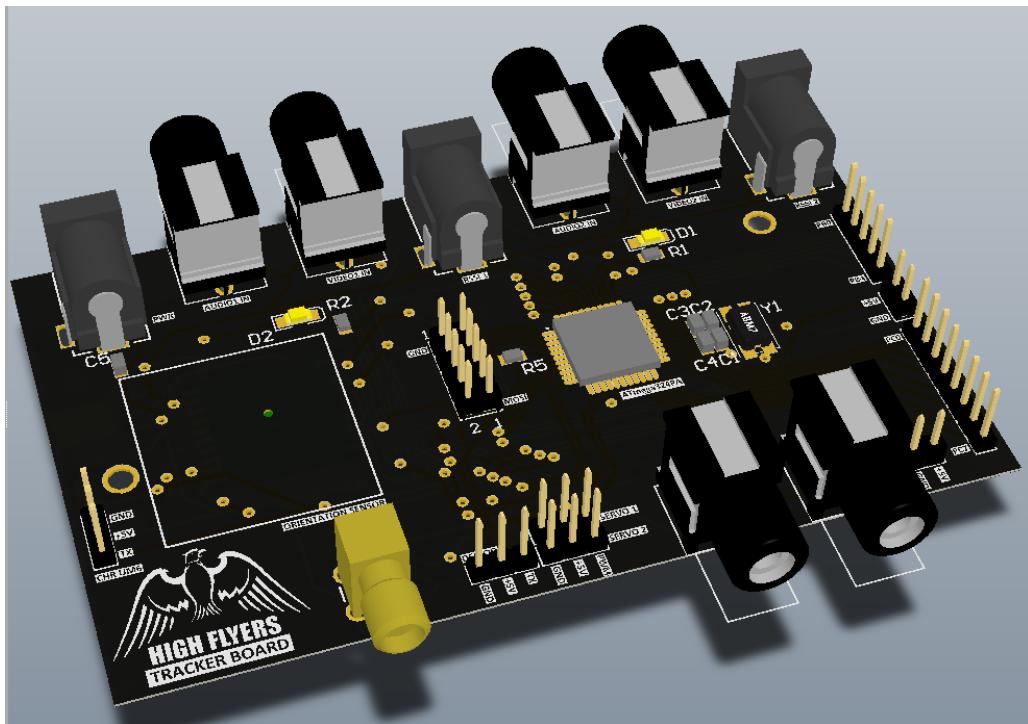


Zdjęcie całości platformy Tracker podczas pracy

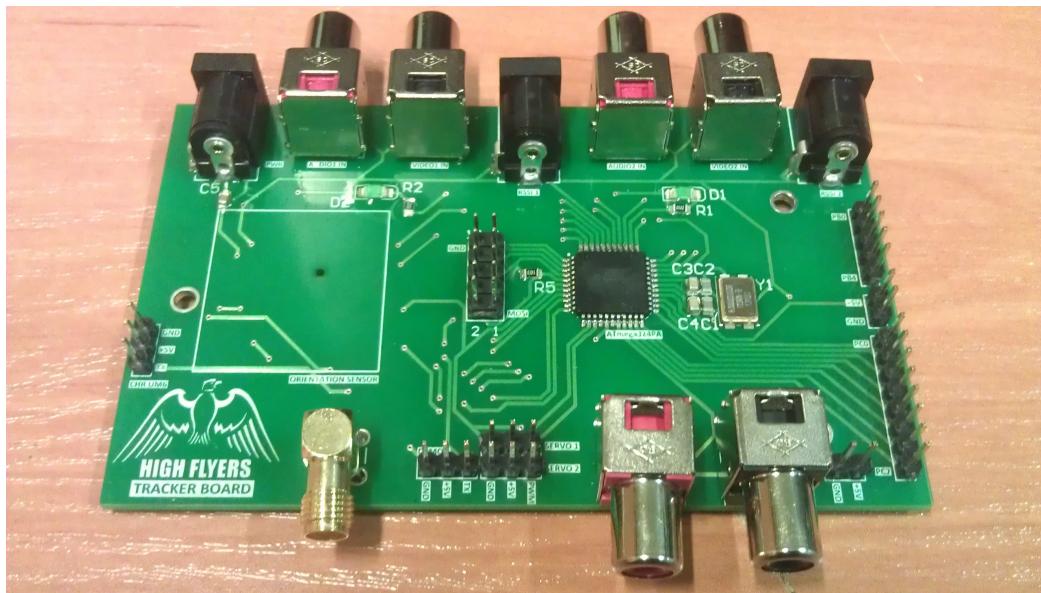
2.2 Opracowanie i rozwój utworzonych wcześniej modułów

Aby zrealizować sterowanie platformy zaprojektowano dla niej dedykowaną płytę elektroniczną. Jest ona modyfikacją prototypu modułu sterującego stworzonego podczas trwania projektu Tracker I. Projekt płytki została wykonany w środowisku Altium Designer. Główne cechy utworzonego modułu to:

- Integracja układu sterującego z układem kondycjonowania sygnału (Diversity) na jednej płytce
- Zgodnie z założeniami poprzedniego raportu wszystkie wolne piny mikrokontrolera zostały wyprowadzone na listwę goldpin aby umożliwić dalszy rozwój platformy
- Wyprowadzone złącze programowania mikrokontrolera
- Moduł GPS
- Możliwość wyprowadzenia dodatkowej anteny zewnętrznej dla GPS
- Możliwość podłączenia czujnika położenia komunikującego się poprzez protokół USART
- Wyjście sterowania serwomechanizmami za pomocą sygnału PWM
- Zewnętrzny oscylator kwarcowy 8 MHz
- Zasilanie 5V poprzez złącze Power Jack
- Dodatkowe wprowadzone piny z zasilaniem +5V



Wizualizacja projektu wykonania obwodu drukowanego platformy Tracker

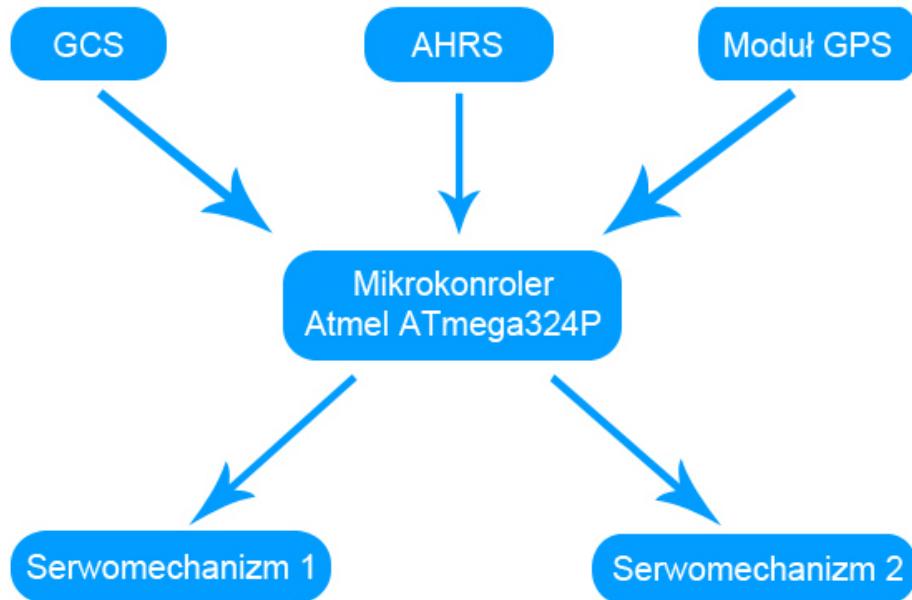


Utworzony obwód drukowany platformy Tracker

3 Utworzenie algorytmu systemu naprowadzania anteny kierunkowej

3.1 Opracowanie koncepcji działania systemu naprowadzania anteny kierunkowej

Do budowy Trackera zostały dobrane elementy elektroniczne umożliwiające odpowiednie wykonanie projektu.



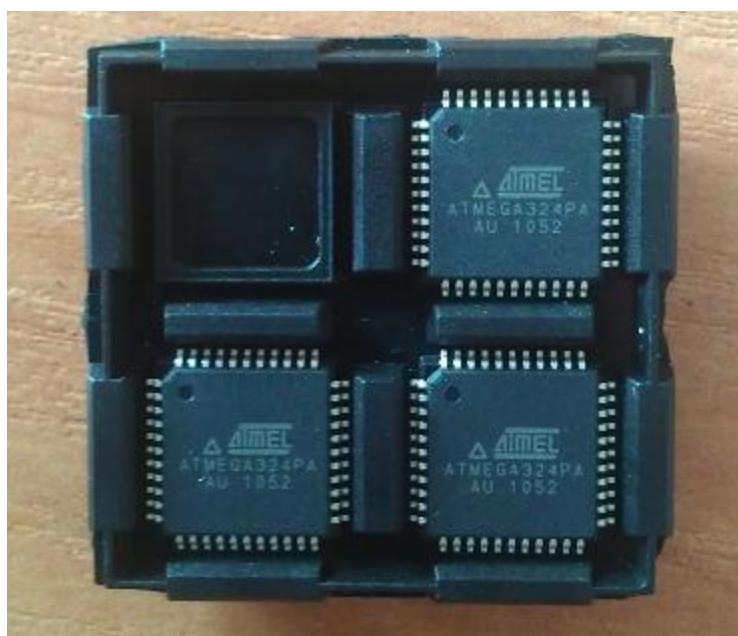
Schemat blokowy działania Trackera

Przy uruchomieniu Trackera zczytywane są dane geolokalizacyjne z modułu GPS

zamontowanego w układzie elektronicznym Trackera. Po poprawnym odczytaniu położenia urządzenie jest gotowe do działania, co jest sygnalizowane poprzez zapalenie diody LED. Następnie współrzędne geograficzne oraz wysokości n.p.m. Bezzałogowego Obiektu Latającego oraz platformy Tracker są porównywane. Dzięki zastosowanym algorytmom mikrokontroler dokładnie ustawia obydwa serwomechanizmy tak, aby antena została skierowana precyjnie na cel.

3.2 Dobór elementów koniecznych do wykonania systemu naprowadzania

System zarządzający pracą Trackera został stworzony i przystosowany do pracy na mikrokontrolerze Atmel ATmega324P. Mikrokontroler ten daje się łatwo zaprogramować, a jego możliwości są wystarczające do zapewnienia płynnej pracy Trackera.

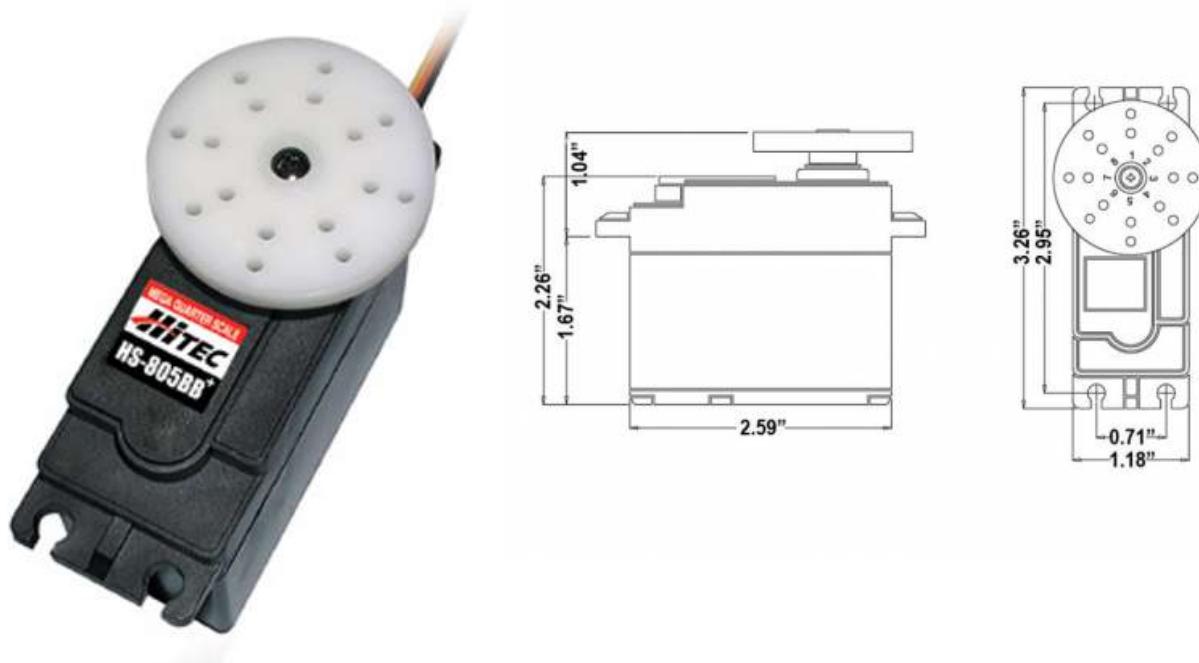


Zdjęcie mikrokontrolera Atmel ATmega324P

Ważną kwestią w wyborze mikrokontrolera była obecność dwóch portów szeregowych UART, która umożliwia komunikację jednocześnie z dwoma różnymi urządzeniami. Zadaniem Trackera jest komunikacja z GCS (Ground Control System) i odczytywanie danych geolokalizacyjnych z modułu GPS. Brak dwóch portów szeregowych UART wymuszał stosowanie analogowego przełącznika typu switch, który pozwalał na otrzymywanie danych z jednego tylko urządzenia w tym samym czasie. Dzięki zastosowaniu mikrokontrolera ATmega324P Tracker jest w stanie komunikować się z obydwoma urządzeniami jednocześnie. Takie rozwiązanie wyklucza potrzebę resetowania całego urządzenia w przypadku jego przestawienia na inne miejsce, gdyż pozycja Trackera jest stale odczytywana. Rozwiązanie to redukuje liczbę elementów Trackera, upraszczając jego konstrukcję.

Sterowanie Trackerem zostało znacznie uproszczone. Rozwiązanie składające się z jednego serwomechanizmu odpowiedzialnego za pochylenie anteny oraz silnika krokowego

obracającego antenę zostało zastąpione przez dwa serwomechanizmy. Do prawidłowego działania Trackera zostały wybrane serwomechanizmy Hitec HS 805BB ze względu na duży moment obrotowy, niezbędny do poprawnej pracy urządzenia nawet z dużymi i ciężkimi antenami kierunkowymi.



Serwomechanizm Hitec HS 805BB

Dane techniczne serwomechanizmu:

- zasilanie: 4,8 - 6 V
- moment: 19,8 kg (4,8V) , 24,7 kg (6V)
- prędkość sec/60" 0,19 (4,8V) , 0,14 (6V)
- wymiary dł/wys/szer/mm. : 66x30x58 mm.
- waga: 152 g.
- łożyska: 2 szt.

Zastosowany mikrokontroler pozwala na sterowanie serwomechanizmami za pomocą sygnału PWM (ang. Pulse-Width Modulation). Sygnał ten pozwala na zmianę pozycji kątowej serwomechanizmu od -90 do +90 stopni, w zależności od szerokości impulsu PWM. Każdy z serwomechanizmów pochyla antennę w innej płaszczyźnie, a złożenie tych dwóch ruchów pozwala na bardzo precyzyjne ustalenie anteny, gdyż zastosowane serwomechanizmy cechują się lepszą rozdzielczością niż stosowany wcześniej silnik krokowy. Takie rozwiązanie nie tylko zwiększa precyzję działania Trackera, ale też znacznie wpływa na sposób poruszania

się anteny. Dzięki temu w Trackerze nie wystąpi zjawisko obkręcenia się kabli wokół statywów, w sytuacji gdy śledzony przez Trackera Bezzałogowy Obiekt Latający będzie zataczać koła wokół anteny. Tracker znacznie zyskał zarówno na niezawodności działania, jak i na ogólnej sprawności.

Do poprawnego sterowania serwomechanizmami zastosowane zostały regulatory napięcia JETI SBEC.



Regulator napięcia JETI SBEC

Dane techniczne regulatora:

- napięcie wejściowe: 6-42V (maks. 50V)
- dopuszczalna ilość ogniw w pakiecie: 2-10 Li-xx, 6-33 Ni-xx
- napięcie wyjściowe: 5.0/5.5/6.0/7.0/8.0V
- prąd wyjściowy impulsowy: do 15A (15s)
- prąd ciągły dla danego pakietu Li-xx: 6.2A/2S, 5.7A/3S, 5.4A/4S, 5.1A/5S, 4.7A/6S, 4.5A/7S, 4.1A/8S, 3.8A/9S, 3.5A/10S
- zakres temperatury pracy: -20°C do +85°C
- wymiary: 60x28x10mm
- waga: 29g

W celu poprawnego naprowadzenia anteny kierunkowej wykorzystana została technologia GPS. Znając dane geolokacyjne Trackera oraz Bezzałogowego Obiektu Latającego antena kierunkowa zmienia położenie nastawiając się dokładnie na cel. W Trackerze został zamontowany moduł GPS firmy MediaTek GMS-U1LP korzystający ze standardu komunikacyjnego NMEA. Dane są przesyłane za pomocą tzw. ramek. Na potrzeby projektu spośród wielu typów ramek wykorzystane zostały ramki GGA oraz GSA.

Konieczne przy projektowaniu układu Trackera było zapewnienie ciągłego połączenia

GCS (Ground Control Station) z Bezzałogowym Obiektem Latającym, nawet w przypadku awarii anteny kierunkowej lub elementów mechanicznych układu. Do tego celu zastosowany został układ Diversity, a w Trackerze zostały zamontowane dwie anteny: antena kierunkowa oraz dookólna. Układ Diversity stale porównuje siłę sygnału z obu anten mierząc parametr RSSI każdego z odbiorników. Parametr ten wyrażany jest w postaci napięcia zmieniającego się od 0V do 5V, w zależności od siły odbieranego sygnału. Następnie do GCS przekazywany jest sygnał o lepszej jakości. Rozwiązanie to ma na celu zapewnienie jak najlepszej jakości przekazywanego sygnału oraz zapewnienie ciągłości działania Trackera, nawet podczas awarii jednej z anten.

3.3 Implementacja oprogramowania sterującego pracą Trackera

W oprogramowaniu sterującym pracą Trackera zostało wprowadzonych wiele bardzo znaczących zmian. Przyczyniły się one zarówno do precyzyji działania, jak i mniejszej awaryjności układu. W trakcie wielu testów układu Diversity zostały odrzucane kolejne rozwiązania. Finalnie zastosowane zostało rozwiązanie opierające się o pomiar sygnałów RSSI i porównywanie ich poprzez mikrokontroler. Rozwiązanie to jest jednym z prostszych i bardziej niezawodnych.

Udoskonalone zostało także pozycjonowanie Trackera przez GPS. Wykorzystane zostały parametry PDOP (ang. Positional Dilution of Precision), HDOP (ang. Horizontal Dilution of Precision) i VDOP (ang. Vertical Dilution of Precision) ramki GSA. Wymienione parametry określają stopień zagęszczania satelitów, z których odbierany jest sygnał. Dzięki ich wykorzystaniu znacznie wzrasta precyzyjność określenia położenia Trackera, co przekłada się na jeszcze dokładniejsze ustawianie się anteny kierunkowej na cel.

Wraz ze zmianą sposobu poruszania anteną zmieniła się większość oprogramowania sterującego pracą Trackera. Sterowanie położeniem anteny kierunkowej sprowadziło się do obsługi dwóch serwomechanizmów, każde poruszające anteną w innej płaszczyźnie, gdzie płaszczyzny działania są obrócone o 90 stopni względem siebie. Algorytm określający kąt wychylenia dwóch serwomechanizmów względem siebie zapewnia większą precyzyję działania w stosunku do poprzedniego rozwiązania.

4 Zaprojektowanie systemu korekcji położenia anteny uwzględniające pochylenie terenu

4.1 Opracowanie koncepcji działania systemu korekcji położenia anteny

Opracowany system nawigacji opiera się na aktualnych współrzędnych geograficznych anteny i obiektu latającego. System ten nie uwzględnia jednak przypadku, gdy antena ustawiona jest na nierównym podłożu co zakłóci jej działanie i nie zdoła się ona ustawić w dobrym kierunku. Rozwiązaniem tego typu sytuacji jest umiejscowienie odpowiedniego czujnika, który będzie w stanie określić kąty o jakie jest przechylona antena względem ziemi. Na ich

podstawie możliwa będzie korekta wskazań GPS.

4.2 Dobór odpowiedniego czujnika i zapoznanie się z jego działaniem

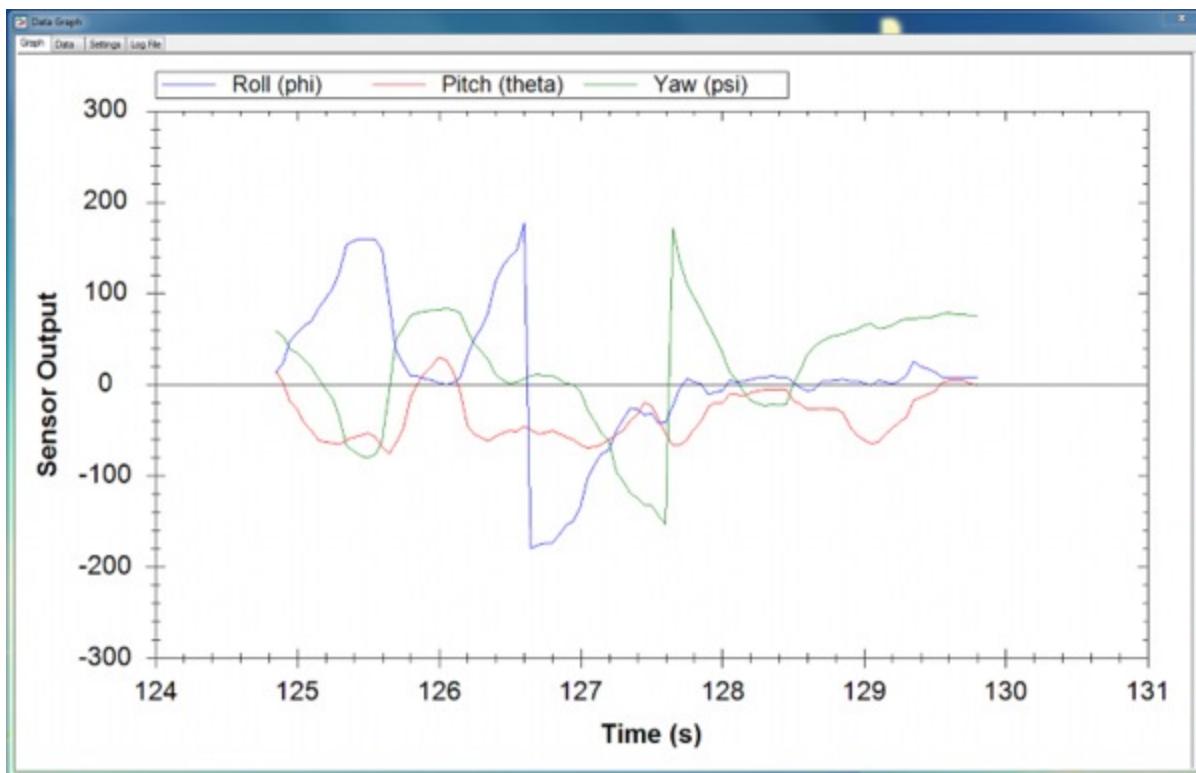
Czujnik, który został zastosowany miał za zadanie wyliczyć kąty Eulera i mieć możliwość komunikacji z wykorzystanym mikrokontrolerem. Do tego zadania zastosowany został czujnik firmy Pololu CHRobotics UM6-LT Orientation Sensor, który został wcześniej zakupiony w ramach działalności koła naukowego. Główne cechy zastosowanego czujnika to:

- komunikacja poprzez UART
- konfigurowalna prędkość wysyłania danych (max baud - 115200)
- możliwość wysyłanie dowolnie konfigurowanych ramek danych
- obliczenie kątów Eulera na podstawie akcelerometru, żyroskopu i magnetometru
- automatyczna kalibracja akcelerometru i żyroskopu
- dostarczone oprogramowanie Open-Source umożliwiające konfigurację czujnika



Czujnik CHRobotics UM6-LT (źródło: Pololu.com)

Na wybranym czujniku przeprowadzono testy działania. Komunikacja odbywała się za pomocą protokołu UART, baud rate: 9600. Uzyskano zadawalające wyniki, czujnik posiadał bardzo wysoką dokładność, co kwalifikuje go do użycia na platformie Tracker.



Przykładowy odczyt z czujnika CHR URM6 (źródło: Pololu.com)

4.3 Oprogramowanie czujnika i połączenie z algorytmem systemu naprowadzania anteny

Początkowo należało odpowiednio skonfigurować czujnik. Za pomocą dołączonego oprogramowania należy dokonać wyboru ramki danych, jak ma wysłać czujnik poprzez protokół komunikacyjny UART. Wybrano ramkę zawierającą gotowe kąty Eulera. Ramka danych czujnika wygląda następująco:

Table 9 - UART Serial Packet Structure

's'	'n'	'p'	packet type (PT)	Address	Data Bytes (D0...DN-1)	Checksum 1	Checksum 0
-----	-----	-----	------------------	---------	------------------------	------------	------------

All packets sent and received by the UM6 must conform to the format given above.

Po otrzymaniu i parsowaniu danych sprawdzana jest zgodność sumy kontrolnej. Następnie otrzymane kąty dodawane są do kątów obliczonych na podstawie pozycji GPS i ten kąt dopiero jest zamieniany na sygnał PWM i wysyłany na odpowiedni serwomechanizm.

5 Podsumowanie

Założenia projektowe zaplanowane we wniosku Tracker II zostały spełnione. Projekt był kontynuacją projektu Tracker I. Podczas trwania projektu udało się zaprojektować i stworzyć nowy układ elektroniczny sterujący pracą Trackera, który jest mniejszy w rozmiarach i wydajniejszy niż projekt tego samego modułu wykonany semestr wcześniejszy.

Podczas trwania projektu udało się również zaprojektować i stworzyć mechaniczną część Trackera, która działa sprawnie i będzie wykorzystywana podczas innych prac koła. Dzięki wykonanej antenie znacznie zwiększy się zasięg lotu obiektów latających wykonanych przez koło.

Projekt został ukończony i oprócz wykorzystania jej podczas lotów może służyć jako platforma do nauki obsługi serwomechanizmów przez nowych członków koła naukowego. Doświadczenie i praktyczne umiejętności zdobyte przez studentów pozwolą na łatwiejszą pracę nad różnymi projektami grupowymi i indywidualnymi zarówno w kole naukowym jak i poza nim.

6 Przedmioty zakupione w trakcie trwania projektu

6.1 Statwy



Zdjęcie zakupionego statwy Athletic L-1

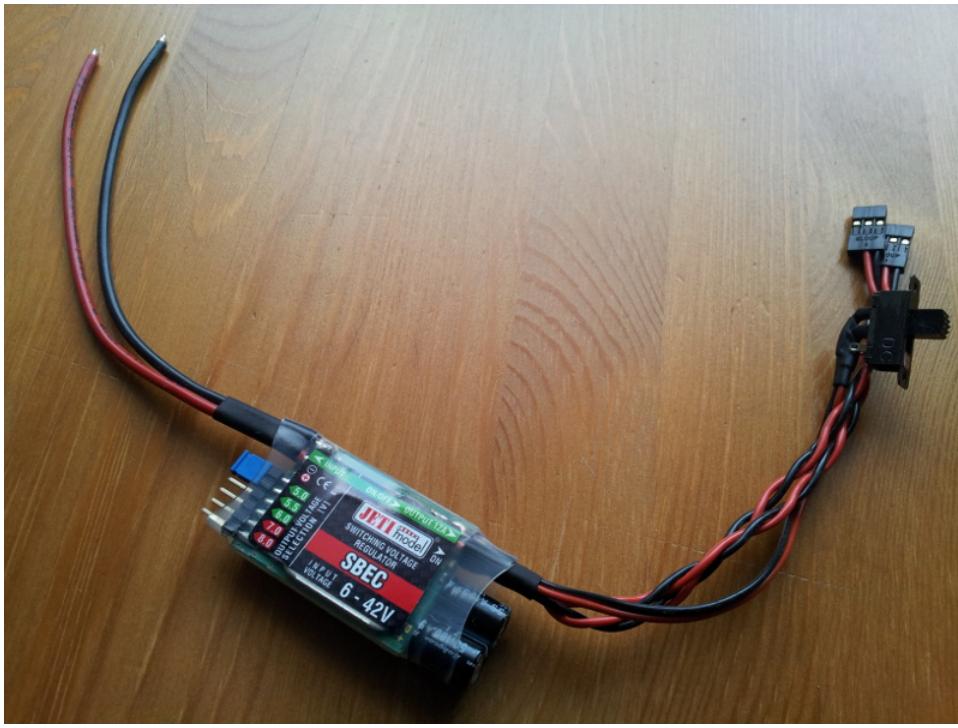


Zdjęcie zakupionego statywu Athletic L-2

6.2 Komponenty elektromechaniczne

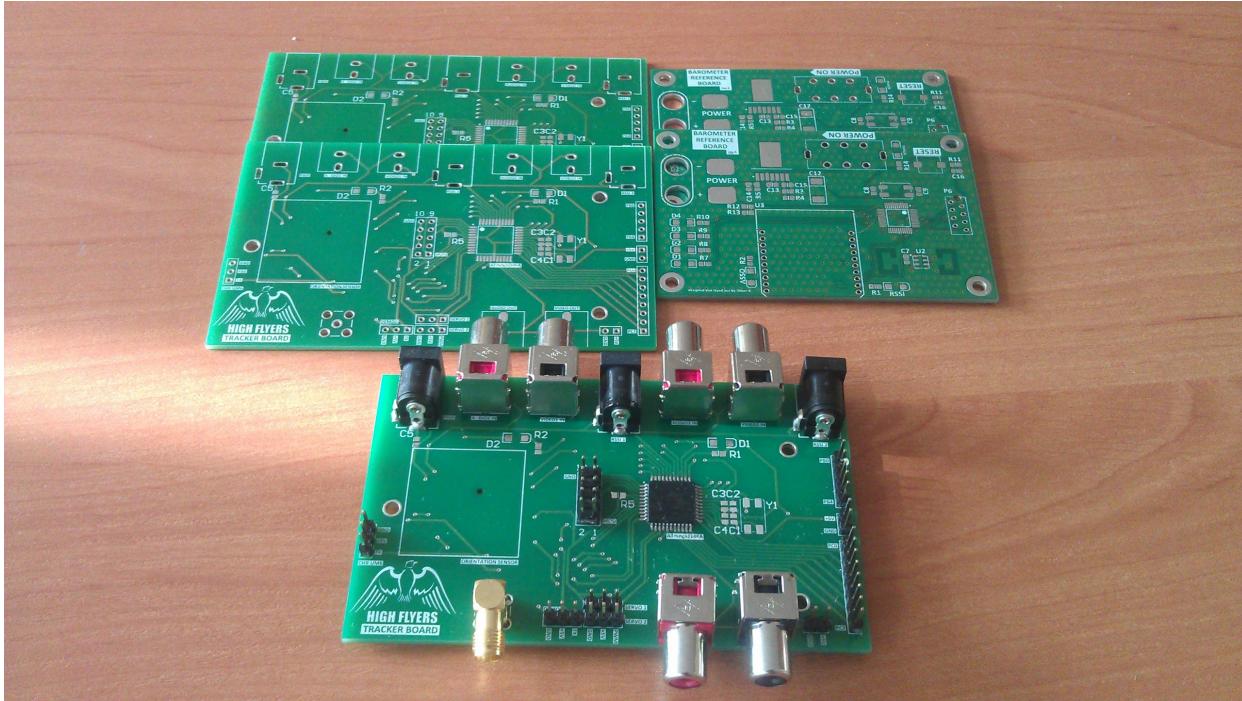


Zdjęcie zakupionych serwomechanizmów Hitec 805BB



Zdjęcie zakupionego regulatora napięcia Jeti SBEC

6.3 Obwody drukowane PCB



Zdjęcie zakupionych obwodów drukowanych



Zdjęcie zakupionych obwodów drukowanych

7 Publikacja wyników projektu

Adres miejsca publikacji wyników projektu w Internecie:

www.uav.polsl.pl