



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, 25.02.2013 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
Koordynator Projektu POKL.04.01.02-00-020/10

Raport z realizacji projektu:

Autopilot II

Zespół projektowy:

Agnieszka Ziebura (lider projektu)

Paulina Wilk
Paweł Soja
Marek Nocoń
Bartłomiej Wiak
Przemysław Recha

Tomasz Targiel
Piotr Tracichleb
Jakub Piasecki
Tomasz Maryńczuk
Piotr Hącel

Osoby wspierające projekt:

Marcin Janik (konsultant projektu)
Witold Cichoński
Kornel Matusiak
Michał Płatek

Podpis opiekuna Koła Naukowego:

1. Opis projektu

1.1. Cel projektu: Wzbogacenie układu Autopilota o dodatkowe funkcje, zoptymalizowanie istniejących algorytmów w warstwie sterowania bezpośredniego i nadrzędnego oraz dostosowanie mechaniki obwodów drukowanych ze szczególnym uwzględnieniem motoszybowca.

1.2. Założenia projektu: Projekt zakłada dalsze prace nad testowaniem układu czujników tworzących moduł AHRS oraz modułu nawigacji satelitarnej GPS, spójną integrację z nowatorskim układem On-Screen-Display (OSD) oraz centralą aerometryczną „Pelikan”. Równolegle będzie rozwijany podsystem autopilota Rescue Shield, którego zadaniem jest umożliwienie zdalnej lokalizacji platformy po awarii w trakcie lotu.

1.3. Oczekiwane wyniki: Moduł autopilota umożliwiający wykonywanie autonomicznych lotów różnymi platformami bezzałogowymi, zdolny do wykonywania misji rozpoznawczych oraz obserwacyjnych, wzbogacony o układy On-Screen-Display oraz Rescue Shield, mające poprawić dostęp do informacji i podnieść bezpieczeństwo w trakcie wykonywanych misji.

1.4. Ocena ryzyka projektu: Mając na uwadze interdyscyplinarny kierunek kształcenia studentów na Wydziale Automatyki, Elektroniki i Informatyki, ich zainteresowania tematyką lotniczą, możliwość przeprowadzenia konsultacji z opiekunami oraz nawiązaną współpracę z firmą z branży lotniczej, istnieje duże prawdopodobieństwo pozytywnej realizacji wnioskowanego projektu.

2. Podział projektu na zadania

W trakcie realizacji projektu Autopilot II uległy zmianie zadania projektowe oraz odpowiedzialność członków projektu za ich wykonanie. Zaistniałe zmiany spowodowane były głównie problemami w realizacji zamówień sprzętowych, a także warunkami pogodowymi nie sprzyjającymi testom platformy w otwartej przestrzeni. Podjęto więc decyzję o przełożeniu prac nad udoskonaleniem układu Autopilota oraz integracji autopilota z układami peryferyjnymi na rzecz opracowania uniwersalnego układu stabilizacji żyroskopowej dla małych i średnich platform latających oraz zaprojektowanie i wykonanie zestawu anten nadawczo-odbiorczych przeznaczonych dla łącza video.

2.1. Moduł prostej stabilizacji żyroskopowej

Osoby odpowiedzialne: Agnieszka Ziebura – kierownik, Paulina Wilk

Zadanie to zastąpiło we wniosku o realizację projektu następujący punkt:

1. Wykonanie udoskonalonej wersji Autopilota dla platformy latającej
 - Opracowanie projektu układu uwzględniając wymagania sprzętowe i funkcjonalne
 - Dobór podzespołów wymaganych do budowy modułu
 - Wykonanie obwodu drukowanego (PCB) zgodnie z projektem
 - Montaż elementów na PCB oraz gruntowne przetestowanie podzespołów układu

2.1.1. Ogólny opis zadania

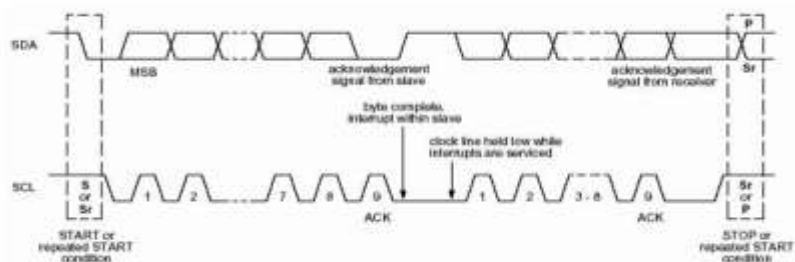
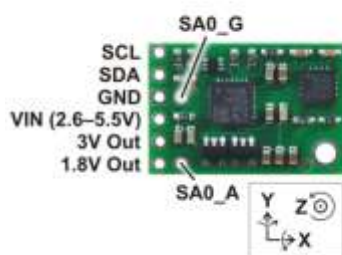
Tematem projektu jest „Moduł stabilizacji żyroskopowej dla lekkiego bezzałogowego obiektu latającego”. Wybór tematu był spowodowany chęcią poszerzenia swoich umiejętności w programowaniu mikrokontrolerów w języku C oraz tworzeniu aplikacji okienkowych w C#. Motywująca była również możliwość poznania sposobu komunikacji mikrokontrolera z komputerem oraz mikrokontrolera z wykorzystanym czujnikiem MinIMU-9 (trzyosiowy magnetometr, akcelerometr i żyroskop).

Ponieważ niestabilność lotu platformy latającej może wynikać z wielu czynników: błędów konstrukcyjnych obiektu, różnej mocy silników zastosowanych w obiekcie (nie ma możliwości wytworzenia idealnie jednakowych elementów), warunków zewnętrznych (np. podmuchy wiatru, prądy powietrzne, zmiany ciśnienia), postanowiono utworzyć prototyp modułu stabilizacji bezzałogowego obiektu latającego.

Projekt zakładał utworzenie modułu stabilizacji żyroskopowej opartym na trzyosiowym czujniku żyroskopowym L3G4200D komunikującym się z ośmiobitowym mikrokontrolerem ATmega8 z rodziny AVR firmy Atmel. Po odebraniu danych z czujnika żyroskopowego, przetworzeniu ich za pomocą mikrokontrolera i skonfrontowaniu z danymi pochodzącymi z potencjometru symulującego aparaturę modelarską, wysyłane są odpowiednie sygnały sterujące platformą latającą w celu ustabilizowania jej lotu. Dane z czujnika żyroskopowego można również – za pośrednictwem mikrokontrolera AVR – na bieżąco wysyłać do okienkowej aplikacji komputerowej.

Zdecydowano, że sekcja projektowa skupi się na wykonaniu modułu stabilizacji dedykowanego do samolotu. W związku z tym, sygnały sterujące z mikrokontrolera wysyłane są do serwomechanizmu, który zaś wpływa na wychylenie lotek na skrzydłach samolotu.

Dane z czujnika żyroskopowego przesyłane są za pomocą magistrali I²C do mikrokontrolera ATmega8.



Rysunek 1. Interfejs komunikacyjny I²C

Dane między mikrokontrolerem a komputerem transmitowane są w sposób szeregowy przy użyciu magistrali komunikacyjnej RS232.

Do wykonania schematu płytki drukowanej wykorzystano bezpłatny program komputerowy Eagle firmy CadSoft, którego zastosowanie to wspomaganie projektowania obwodów elektrycznych.

Do wytworzenia prototypu urządzenia wykorzystano następujące komponenty:

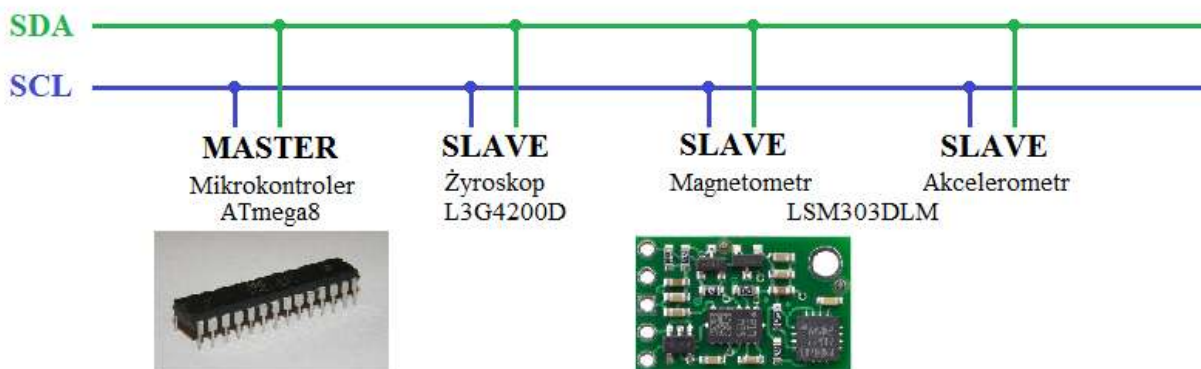
- Mikrokontroler AVR ATmega8A-PU
- Czujnik MinIMU-9
- Serwomechanizm HXT900
- Układ scalony MAX232
- Adapter USB - RS232
- Stabilizator napięcia 7805
- Kondensator elektrolityczny 1 μ F, 100 V x 4 szt.
- Kondensator elektrolityczny 10 μ F, 25 V x 2 szt.
- Kondensator ceramiczny 100 nF, 50 V x 5 szt.
- Dioda prostownicza 1N4007
- Rezystor węglowy 10 k Ω
- Potencjometr liniowy 10 k Ω
- Płytki uniwersalna PI01 50x70 mm
- Goldpiny, przewody, pozostałe elementy

2.1.2. Komunikacja z czujnikiem MinIMU-9

I²C wykorzystuje do transmisji dwie linie: dwukierunkową linię danych SDA (ang. Serial Data Line) i jednokierunkową linię zegara SCL (ang. Serial Clock Line), które na stałe podciągnięte są do źródła zasilania poprzez rezystory podciągające. Sygnały na obu liniach mają formę cyfrowych przebiegów dwustanowych.

Wyróżnia się dwa zasadnicze typy układów podłączonych do magistrali I²C (Rysunek 2): master, czyli układy zarządzające oraz slave – układy podrzędne. Układ master, czyli najczęściej mikroprocesor, inicjuje cykle łączności, generuje przebieg zegarowy na linii SCL oraz włącza cykl łączności innym układom (typu slave). Układ podrzędny przyjmuje lub wysyła dane na polecenie układu nadrzędnego w takt przebiegu generowanego na linii zegarowej.

W zrealizowanym projekcie mikrokontroler ATmega8 przyjmuje typ master, natomiast czujniki żyroskop, akcelerometr i magnetometr są typu slave, co zostało przedstawione na poniższym schemacie.



Rysunek 2.

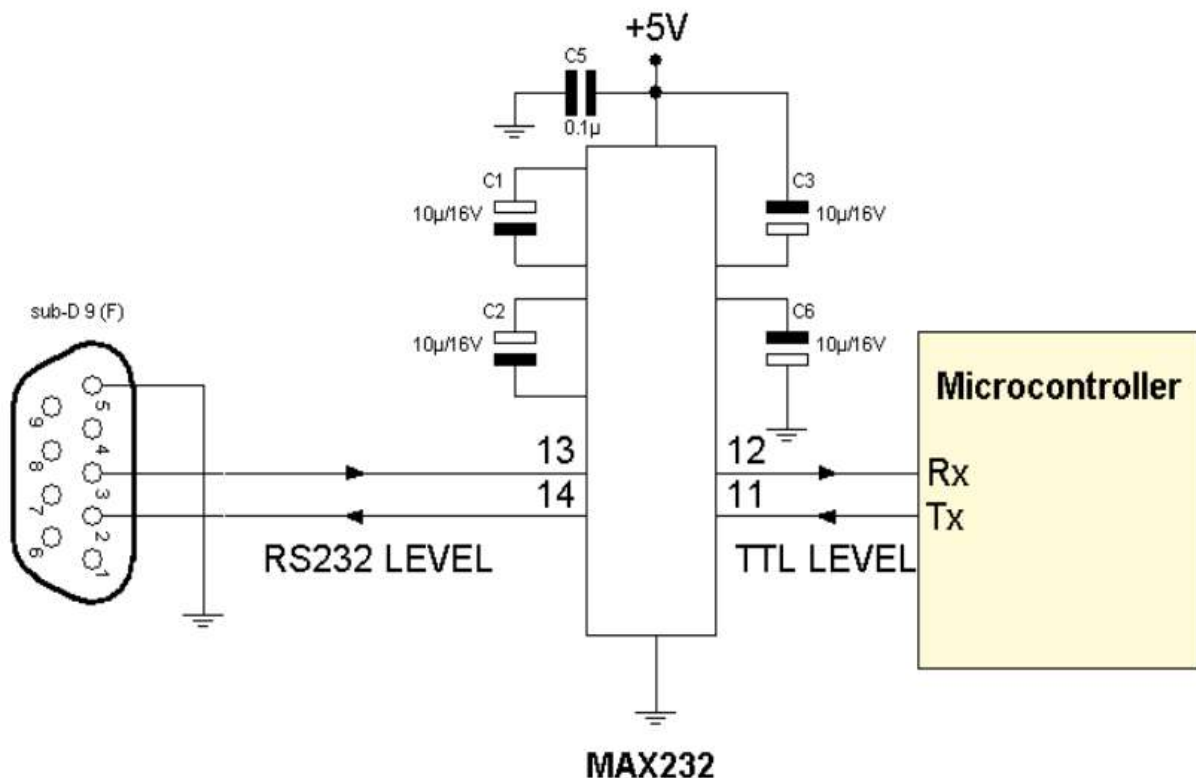
Wpływ na sterowanie serwomechanizmem mają dwa czynniki: dane pochodzące z czujnika żyroskopowego oraz zmiana rezystancji na potencjometrze symulującym aparaturę modelarską. Po odpowiednim przetworzeniu danych na mikrokontrolerze przesyłany jest sygnał o zmiennym wypełnieniu (PWM – modulacja szerokości impulsu) do serwomechanizmu.

By analogowy sygnał z potencjometru mógł być użyty do sterowania, wykorzystano przetwornik analogowo-cyfrowy ADC mikrokontrolera ATmega8. Dzięki niemu możliwa jest zmiana rezystancji na sygnał cyfrowy.

2.1.3. Przesył danych do PC i opis aplikacji komputerowej

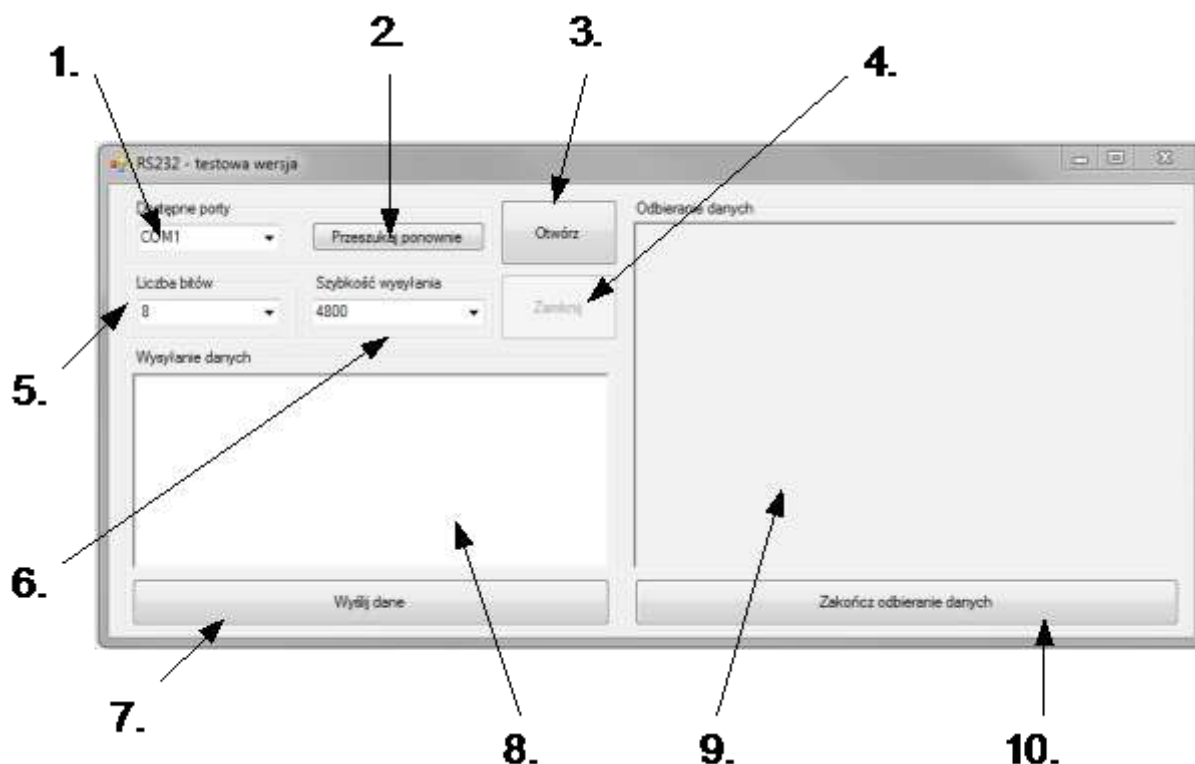
Do komunikacji mikrokontrolera z komputerem został wykorzystany interfejs RS232. Służy on do komunikacji szeregowej asynchronicznej (czyli bez linii zegarowej) lub synchronicznej. Moduł ten przy użyciu odpowiedniego konwertera (w tym przypadku jest to układ MAX232) nadaje się do przesyłu danych korzystając z protokołu RS232. Konwerter jest wymagany, gdyż standard elektryczny interfejsu RS232 różni się od standardu TTL.

Sposób podłączenia interfejsu USART z komputerem PC (lub innym urządzeniem RS232) pokazany jest na Rysunku 3.



Rysunek 3.

Program do odbierania i wysyłania danych przez magistralę RS232 został napisany w języku C# jako aplikacja Windows Forms (Rysunek 4). Posiada bardzo prosty interfejs użytkownika, w którym można wybrać port do komunikacji z mikrokontrolerem oraz inne podstawowe parametry przesyłu danych: liczbę przesyłanych bitów oraz prędkość wysyłania/odbierania.



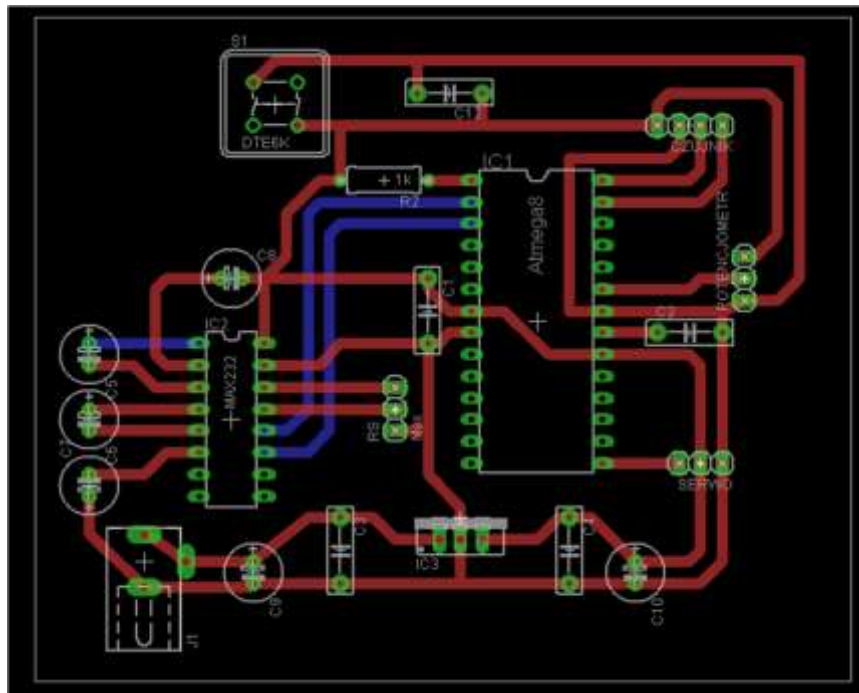
Rysunek 4. Interfejs użytkownika

Oznaczenia:

1. Wybór portu
2. Przycisk do odświeżania listy dostępnych portów
3. Otwarcie portu
4. Zamknięcie portu (nieaktywne, gdy port nie jest otwarty)
5. Wybór liczby bitów
6. Wybór szybkości wysyłania
7. Przycisk do wysyłania danych
8. Pole do wpisywania danych do wysłania
9. Pole do wyświetlania odebranych danych
10. Zatrzymanie odbierania danych

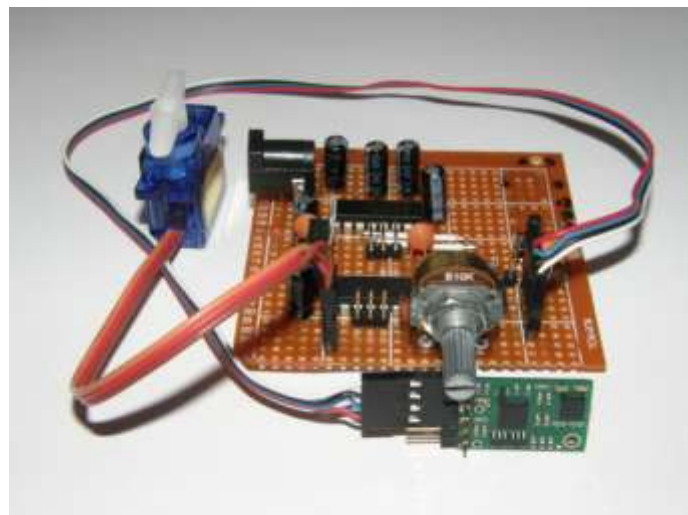
2.1.4. Rezultaty prac

Schemat połączeń został utworzony w programie Eagle firmy CadSoft i prezentuje się następująco:



Rysunek 5.

Projekt został zrealizowany zgodnie z przyjętymi założeniami i według założonego harmonogramu. Osiągnięty efekt jest zobrazowany na Rysunku 6.



Rysunek 6.

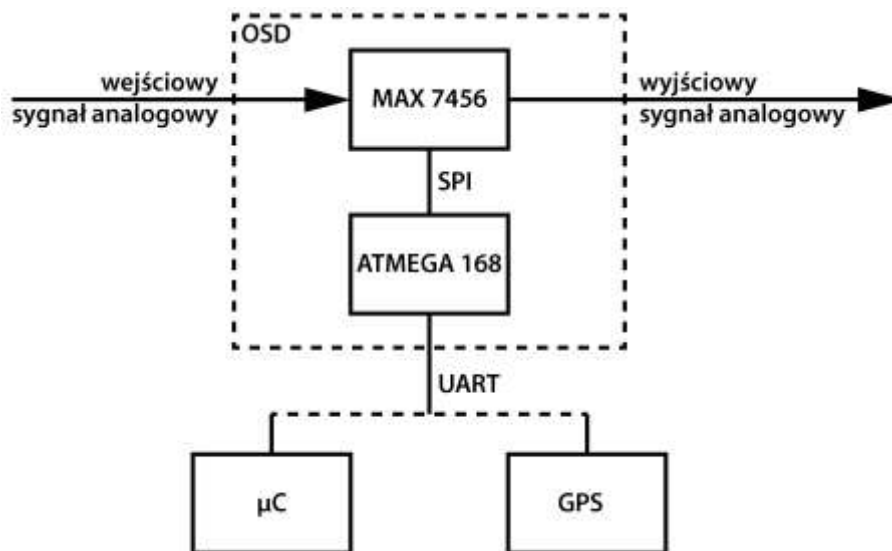
2.2. Wykonanie układu OSD

Osoby odpowiedzialne: Michał Płatek - kierownik, Tomasz Targiel, Paweł Soja, Marek Nocoń.

2.2.1. Określenie wymagań funkcjonalnych

Celem podsekcji było opracowanie modułu OSD (On Screen Display - układu elektronicznego służącego do nakładania danych tekstowych na analogowy sygnał video), który można będzie zastosować w Bezzałogowym Obiekcie Latającym bądź w Naziemnej Stacji Kontroli Lotu (GCS) tegoż Obiektu Latającego.

W założeniu (Rysunek 7) moduł OSD miał przyjmować poprzez interfejs UART dane tekstowe z mikrokontrolera (np. z układu autopilota) lub bezpośrednio z modułu GPS.



Rysunek 7. Schemat ideowy modułu OSD

2.2.2. Dobór układów scalonych oraz wykonanie prototypu

Kluczowymi elementami OSD są mikrokontroler ATmega168 odpowiedzialny za wstępne przetwarzanie danych wejściowych oraz układ scalony MAX 7456 nanoszący dane tekstowe na analogowy sygnał video.

Wykonano projekt układu oraz rozplanowano go na płytce PCB z wykorzystaniem następujących elementów:

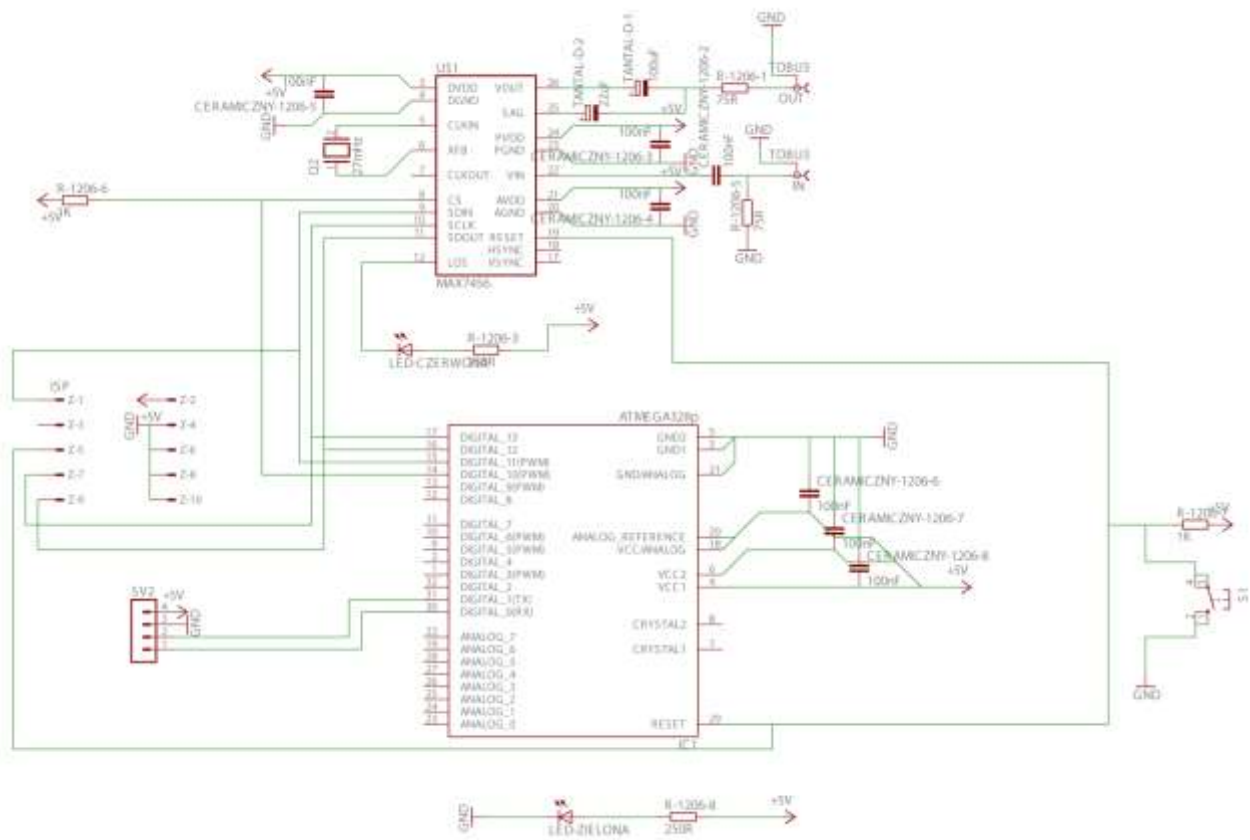
- płytka dwustronna laminatu miedzianego
- układ MAX 7456 (OSD)
- mikrokontroler ATmega168
- 7 kondensatorów ceramicznych o pojemności 100nF w obudowie SMD
- 1 kondensator tantalowy o pojemności 100 µF w obudowie SMD

- 1 kondensator tantalowy o pojemności 22 μF w obudowie SMD
- Rezonator kwarcowy 27 MHz
- 2 rezystory 270 Ω
- 2 rezystory 1k Ω
- 2 rezystory 75 Ω
- Przycisk monostabilny RESET
- gniazdo GSP (programator)
- 2 złącza Composite Video (RCA)
- 2 diody – zielona i czerwona

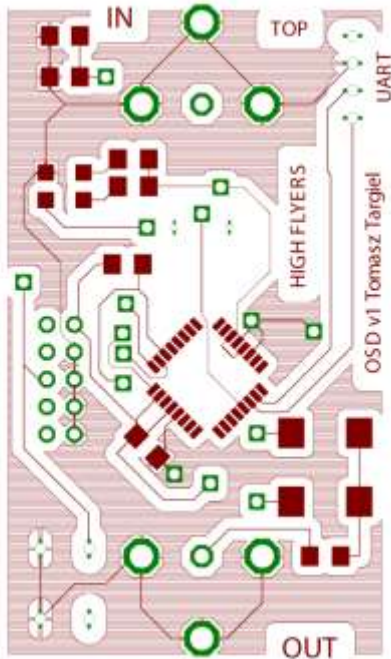
2.2.3. Wytworzenie modułu w wersji końcowej

Na podstawie opracowanego schematu połączeń elektrycznych (Rysunek 8) w środowisku Eagle utworzono projekt obwodu drukowanego PCB (Rysunek 9 i Rysunek 10).

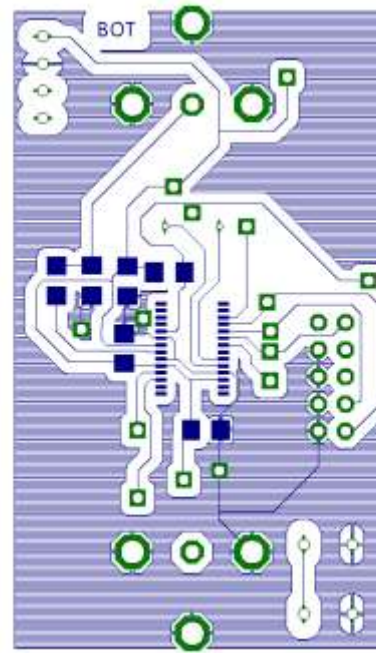
Układ został wyposażony w dwie diody LED. Zaświecenie diody zielonej oznacza obecność napięcia zasilającego (5V), a zaświecenie diody czerwonej oznacza obecność wejściowego sygnału video.



Rysunek 8. Schemat układu OSD



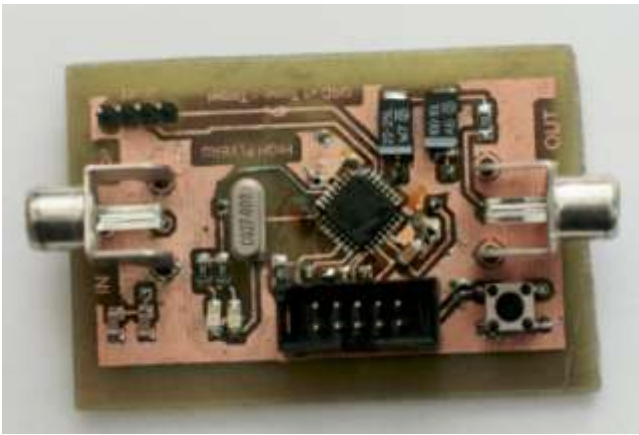
Rysunek 9. Projekt wierzchniej strony płytki



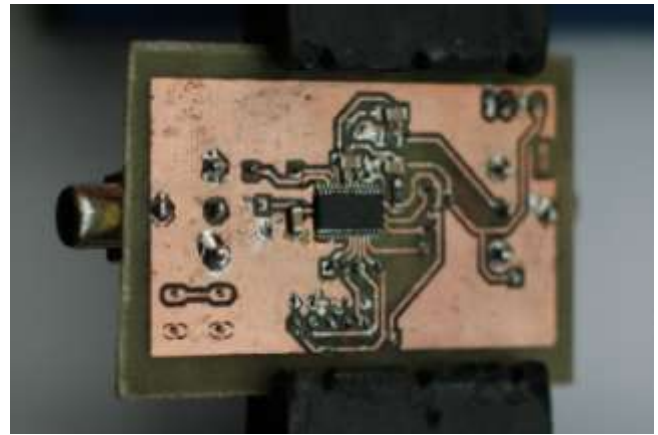
Rysunek 10. Projekt tylnej strony płytki

Działanie modułu OSD polega na odebraniu poprzez układ UART danych o położeniu Bezzałogowego Obiektu Latającego (nazywanego dalej BOL) z mikrokontrolera lub z modułu GPS. Pozycja początkowa zostaje wyznaczona z danych początkowych przekazanych przez 8 satelitów, a z kolejnych współrzędnych wyznaczony zostaje kierunek przemieszczania się BOL oraz kierunek wskazujący pozycję Naziemnej Stacji Kontroli Lotu. Obliczone w ten sposób dane zostają nałożone w formie tekstowej na wejściowy sygnał video przez układ MAX 7456. Moduł OSD posiada możliwość konfiguracji sposobu wyświetlania danych. Wybór układu MAX 7456 został podyktowany przede wszystkim wygodą użytkownika.

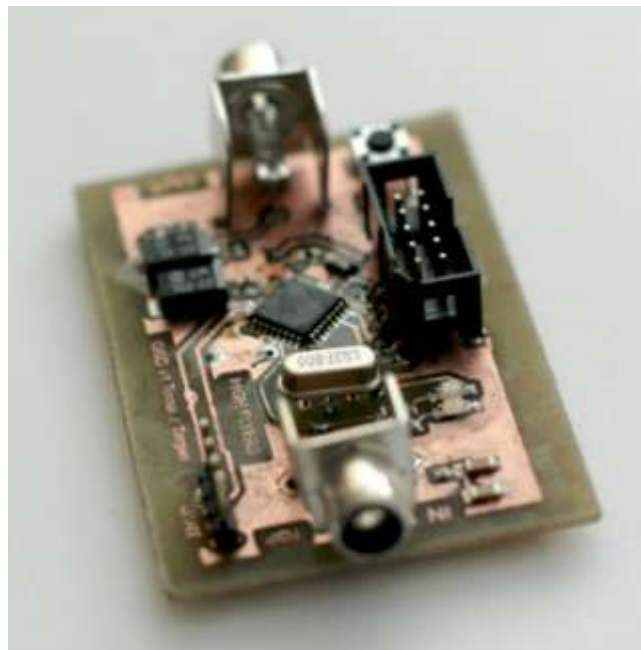
Fizyczną realizację prototypu modułu OSD zobaczyć można na Rysunku 11., 12. i 13. W celu wykonania poniższych płytek PCB zdecydowano się na popularną metodę termo-transferu, która polega na przeniesieniu monochromatycznego wydruku pozytywów przedstawionych na Rysunku 9. i 10. na jednolity arkusz miedzianego laminatu, a następnie przeprowadzenie procesu wytrawiania w kąpeli kwasowej. Pomimo niskiego nakładu finansowego, metoda ta doskonale nauczyła zespół projektowy podstawowych pojęć związanych z wytwarzaniem dedykowanych obwodów drukowanych.



Rysunek 11. Widok od przodu na gotowy układ



Rysunek 12. Widok od tyłu na gotowy układ



Rysunek 13.

Dostrzeżono kilka niedociągnięć w opracowanym układzie, które można zniwelować w kolejnej wersji modułu OSD:

- wysokie natężenie pobieranego prądu (ok. 100 mA) w stosunku do innych układów pracujących na pokładzie BOL
- nagrzewanie się układu stwarzające zagrożenie poparzenia podczas jego użytkowania oraz wymuszające konieczność zastosowania specjalnej izolacji od pozostałych urządzeń pracujących na pokładzie BOL

Doświadczenia zebrane przy projektowaniu modułu OSD pozwalają stwierdzić, że można wykonać moduł OSD, który byłby mniejszy i bezpieczniejszy w użytkowaniu. Podczas prowadzonych aktualnie testów oszacowano, że możliwe byłoby co najmniej trzykrotne zmniejszenie rozmiarów układu poprzez dobór komponentów w mniejszych obudowach SMD oraz zastosowanie obsadzania dwustronnego płytki PCB. Niestety integracja modułu z docelową platformą BOL okazała się bardziej złożona niż szacowano. Niemniej jednak zauważono, że zwiększenie możliwości konfiguracji układu oraz dodanie możliwości wyświetlania sztucznego horyzontu, zdecydowanie zwiększyłoby wygodę pilotowania BOL.

2.3. Wykonanie modułu Rescue Shield

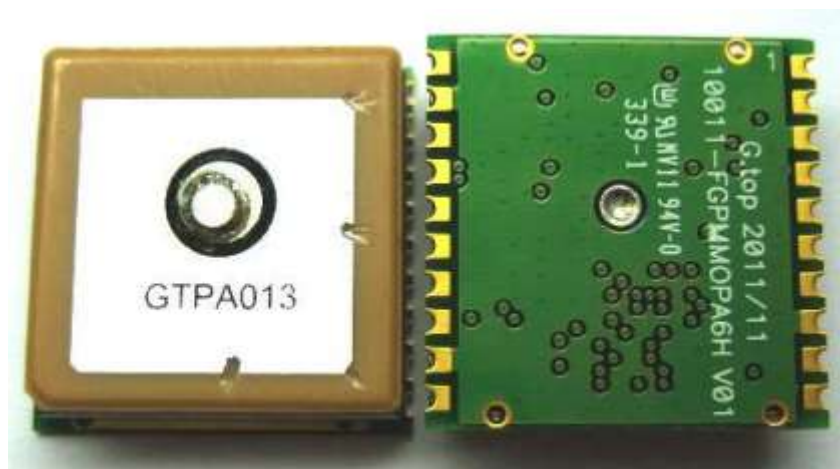
Osoby odpowiedzialne: Witold Cichoński - kierownik, Piotr Tracichleb, Jakub Piasecki.

2.3.1. Utworzenie specyfikacji technicznej urządzenia

Celem realizowanego projektu było zaprojektowanie oraz wykonanie prototypu układu elektronicznego, którego zadaniem jest lokalizowanie bezałogowej platformy latającej oraz powiadomienie o jej aktualnych koordynatach GPS w postaci wiadomości SMS. Głównym zastosowaniem układu będzie lokalizowanie rozbitego samolotu bądź wielowirnikowca poza zasięgiem naziemnej stacji kontroli lotu.

2.3.2. Zakup potrzebnych komponentów

W trakcie zebrania projektowego ustalono, że głównymi elementami układu będzie moduł GPS FGPMOPA6H (Rysunek 14) oraz układ GSM SIM900 (Rysunek 15). Za sterowanie i wymianę danych odpowiedzialny będzie mikrokontroler Atmega128L z rodziny AVR. Do wymiany danych użyta zostanie transmisja USART.



Rysunek 8.

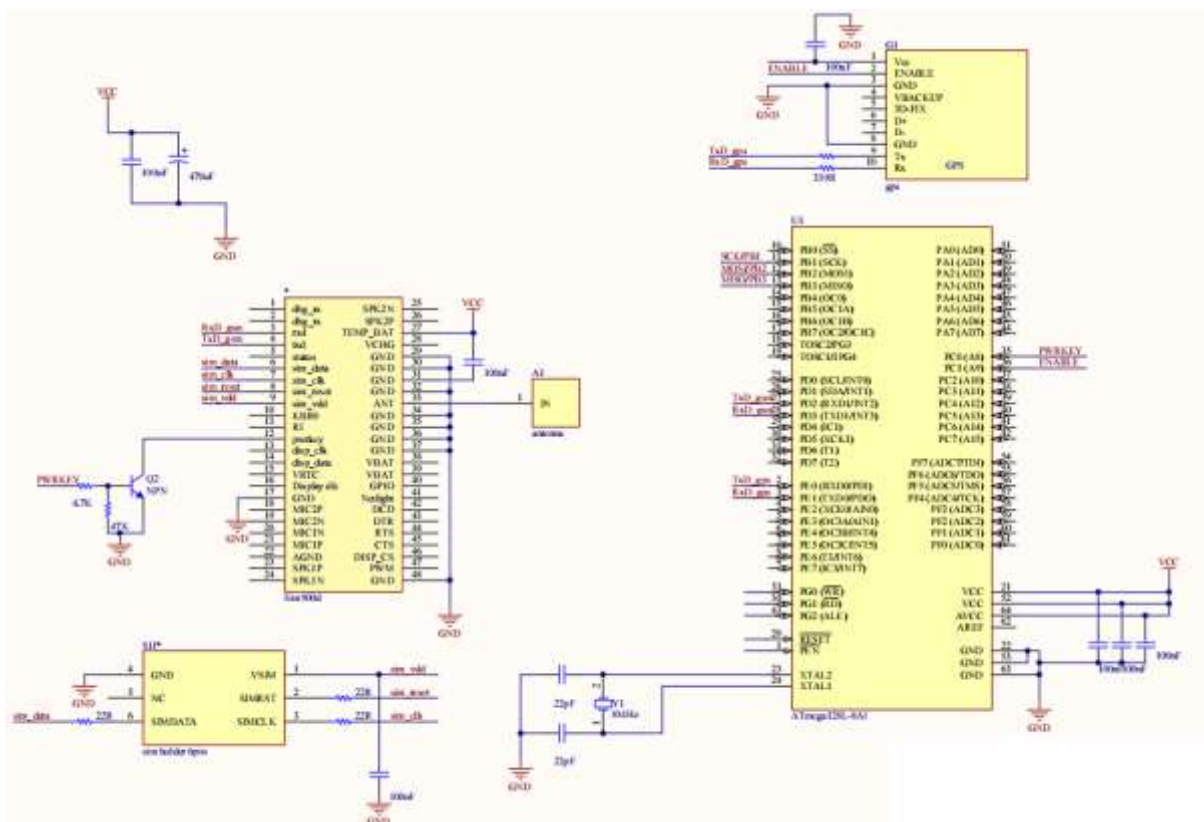


Rysunek 9.

2.3.3. Wykonanie prototypu oraz przeprowadzenie testów wytrzymałościowych obudowy

Po włączeniu urządzenia następuje inicjalizacja poszczególnych modułów. Po tej czynności, układ jest już gotowy do pracy i oczekuje na wiadomość SMS z określoną wcześniej komendą. Jest to istotne, ponieważ nasz układ powinien prawidłowo filtrować przypadkowe wiadomości (jak np. konkursy bądź oferty operatora). Następnie mikroprocesor poprzez interfejs USART pobiera współrzędne z modułu GPS i tworzy wiadomość SMS, którą następnie wysyła przez moduł GSM na numer abonenta, z którego nadana została odpowiednia komenda.

Po utworzeniu prototypowego kodu źródłowego sterującego pracą modułu oraz określeniu wymagań funkcjonalnych przystąpiono do utworzenia schematu połączeń elektrycznych (Rysunek 16). Do tego zadania użyto środowiska Altium Designer.



Rysunek 10.

Następnie, aby przeprowadzić weryfikację funkcjonalności koncepcji układu, wykonano podstawowe testy jednostkowe podzespołów. Moduł GPS po około 2 minutach zlokalizował 8 satelitów, a więc osiągnął tzw. „3D Fix” niezbędny do estymacji precyzyjnej geolokalizacji. Pomyślną weryfikację przeszły również dane otrzymywane z układu. GPS SIM900, w odróżnieniu od układu GPS, po około 10 sekundach jest gotowy do pracy. Za pomocą prostego algorytmu testowego pomyślnie nawiązano połączenie z operatorem sieci komórkowej Orange oraz wysłano wiadomość SMS. Wykonane kolejne testy prototypu pokazały, że współrzędne pochodzące z GPS z nieruchomego układu obciążone są pewnym błędem. Oszacowano, że można zapobiec temu zjawisku uśredniając dane z kilku pomiarów współrzędnych położenia lub zastosować moduł GPS o większej dokładności.

Z powodu ograniczeń czasowych projekt docelowego obwodu drukowanego PCB oraz obudowy został zaplanowany na drugi kwartał 2013 r.

2.4. Anteny systemu wizyjnego

Osoby odpowiedzialne: Bartłomiej Wiak, Piotr Hącel, Tomasz Maryńczuk, Przemysław Recha, Marcin Rozmus.

Zadanie to zastąpiło we wniosku o realizację projektu następujący punkt:

1. Integracja modułu Autopilota z układami peryferyjnymi na platformie szybowca
 - Stacjonarne testy laboratoryjne
 - Strojenie parametrów układu stabilizacji

2.4.1. Ogólny opis zadania

Plan realizacji zadania: Anteny systemu wizyjnego zakładał wykonanie czterech typów anten: „cloverleaf”, „skew planar wheel”, „inverted vee” oraz „helical”. „Inverted vee” oraz „helical” powinny być przystosowane do pracy na częstotliwości 1280 MHz. „Cloverleaf” oraz „skew-planar” – na częstotliwości 1200 MHz o polaryzacji kołowej prawostronnej. W celu sprawdzenia poprawności wykonania zgodnie z założeniami przeprowadzono odpowiednie testy w trudnym terenie.

Do wykonania prototypowych konstrukcji anten wykorzystano następujące materiały:

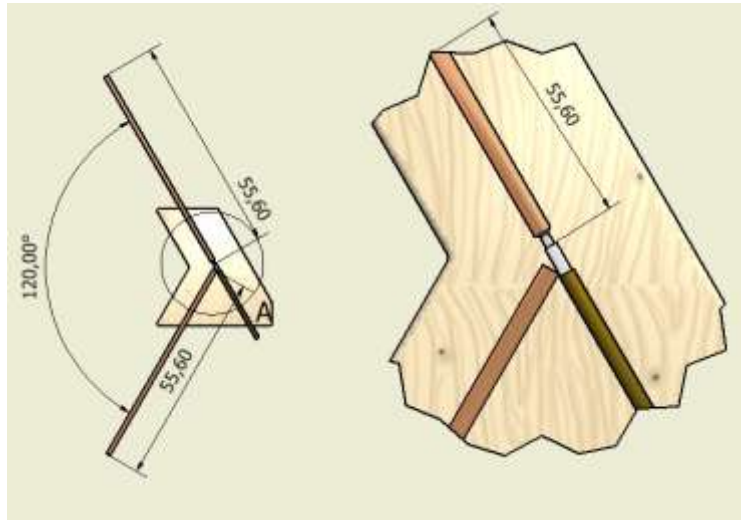
- drut miedziany o średnicy 1 mm
- płyta laminatowa miedziana
- przewód koncentryczny RG316 (Rysunek 17)
- komplet złącz SMA-Male
- rura kartonowa
- klej



Rysunek 11.

2.4.2. Antena „inverted vee”

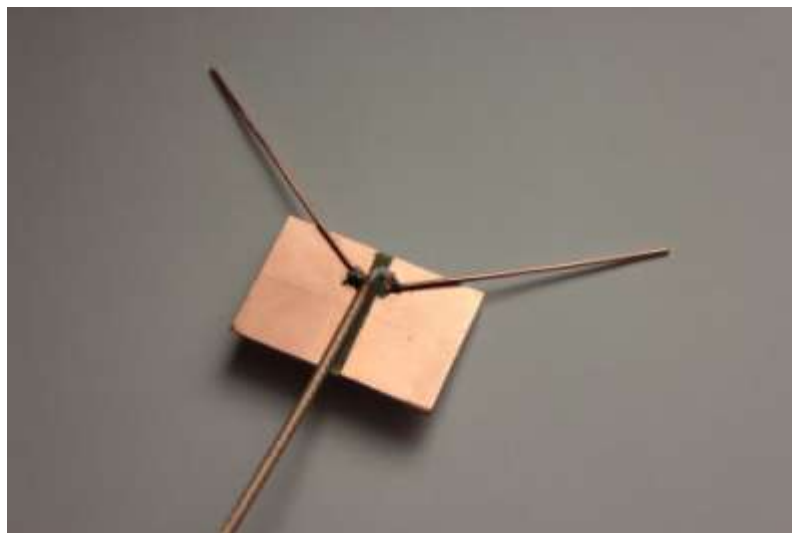
W celu wykonania powyższej anteny korzystano z następującego schematu:



Rysunek 12.

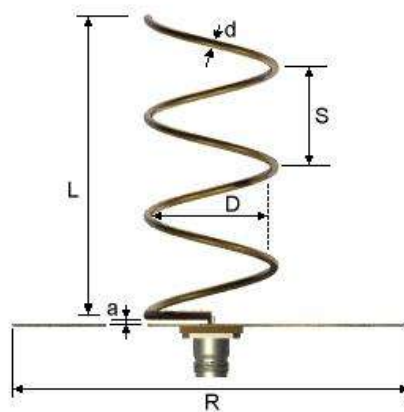
W przypadku anteny pracującej na częstotliwości 1280 MHz kąt pomiędzy ramionami wynosi 120 stopni, natomiast długość każdego ramienia powinna mierzyć dokładnie 55,6 mm. Ramiona wykonano z drutu o średnicy 1 mm, które przylutowano do miedzianej płytki, a następnie przymocowano do nich kabel antenowy.

Wykonany prototyp:



Rysunek 13.

2.4.3. Antena „helical”



Rysunek 14.

Korzystając z dedykowanego kalkulatora dla wymaganej częstotliwości otrzymano następujące wymiary anteny:

$D = 82 \text{ mm}$

$S = 55.6 \text{ mm}$

$a = 2.3 \text{ mm}$

$R = 150 \text{ mm}$ (minimalna średnica płyty)

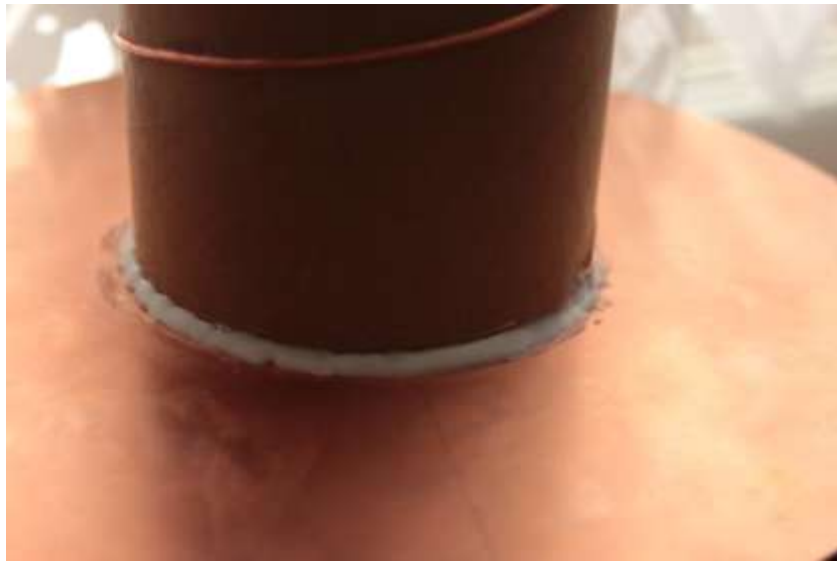
Spiralę wykonano z drutu o średnicy 1 mm. Do jej usztywnienia użyto kartonowej rury o wymaganych wymiarach. Całość została przytwierdzona do miedzianej płyty w kształcie koła o promieniu 105 mm oraz połączona z kablem antenowym.

Wykonany prototyp widoczny jest na Rysunku 21.



Rysunek 15.

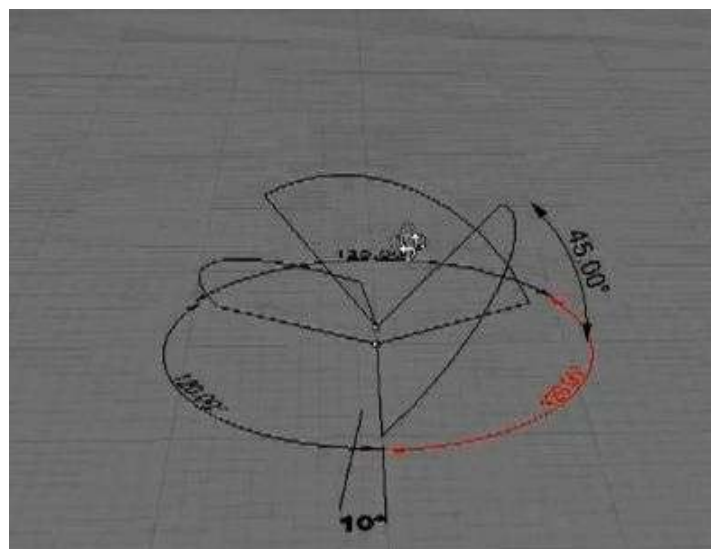
W celu wzmocnienia konstrukcji i przytwierdzenia spirali wraz z rurą do miedzianej płyty użyto kleju na gorąco:



Rysunek 22.

2.4.4. Antena „Cloverleaf”

Schemat anteny:



Rysunek 16.

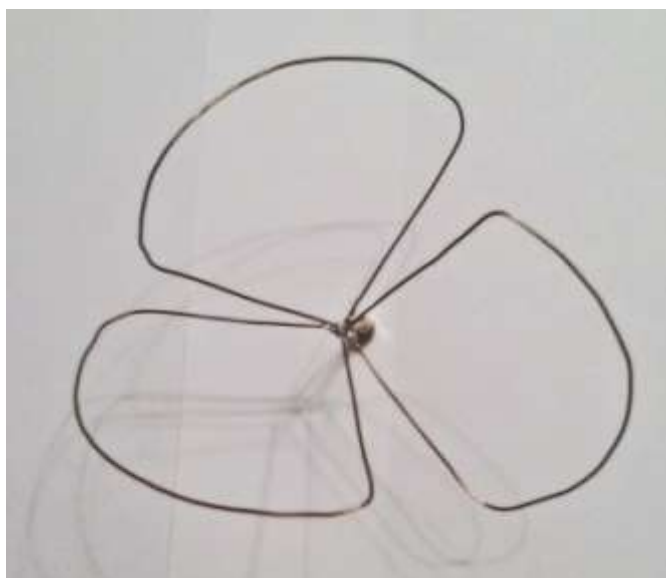
Dla anteny pracującej na częstotliwości 1200 MHz kąt pomiędzy ramionami wynosi 120 stopni.

Długość każdego ramienia powinna mierzyć dokładnie 255,9 mm. Każde z trzech ramion wygięto w odległości 64,9 mm od poszczególnych końców tak, aby utworzyły kąt 105 stopni. Ramiona nachylone są pod kątem 45 stopni do poziomu. Poszczególne końce ramion przyłutowano do przewodu i ekranu kabla antenowego. Ramiona wykonano z drutu o średnicy 1 mm.

Przygotowany prototyp:



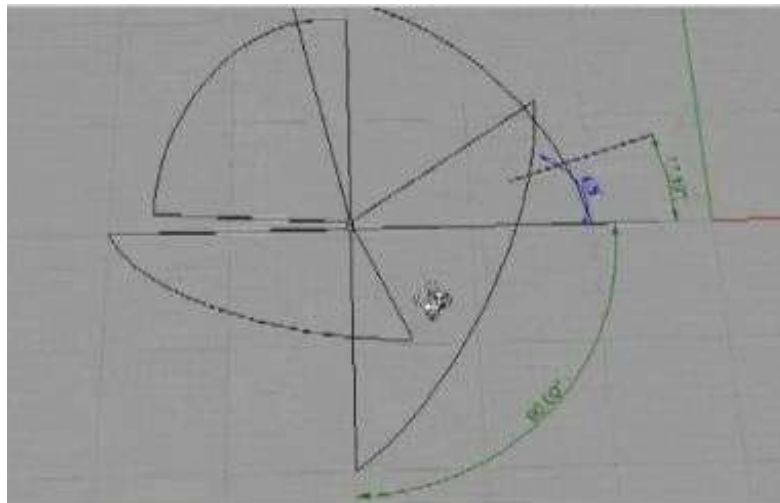
Rysunek 17.



Rysunek 18.

2.4.5. Antena „Skew-Planar”

Schemat anteny:



Rysunek 19.

Jest to antena budową zbliżona do anteny „cloverleaf”. Dla anteny pracującej na częstotliwości 1200 MHz kąt pomiędzy ramionami wynosi 90 stopni.

Długość każdego ramienia powinna mierzyć dokładnie 255,9 mm. Każde z czterech ramion wygięliśmy w odległości 64,9 mm od poszczególnych końców tak, aby utworzyły kąt 105 stopni. Ramiona nachylone są pod kątem 45 stopni do poziomu. Poszczególne końce ramion przylutowano do przewodu i ekranu kabla antenowego. Ramiona wykonano z drutu o średnicy 1 mm.

Przygotowany prototyp:



Rysunek 20.

2.4.6. Testy wykonanych anten

Aby zapewnić wymierne wyniki oraz wymagające warunki, testy wykonanych anten przeprowadzono wewnątrz budynku, którego ściany nośne są zbrojone. Rezultaty pomiarów porównano z wynikami osiągniętymi standardowymi antenami dostarczonymi z zestawem linku transmisji wideo (Rysunek 28).



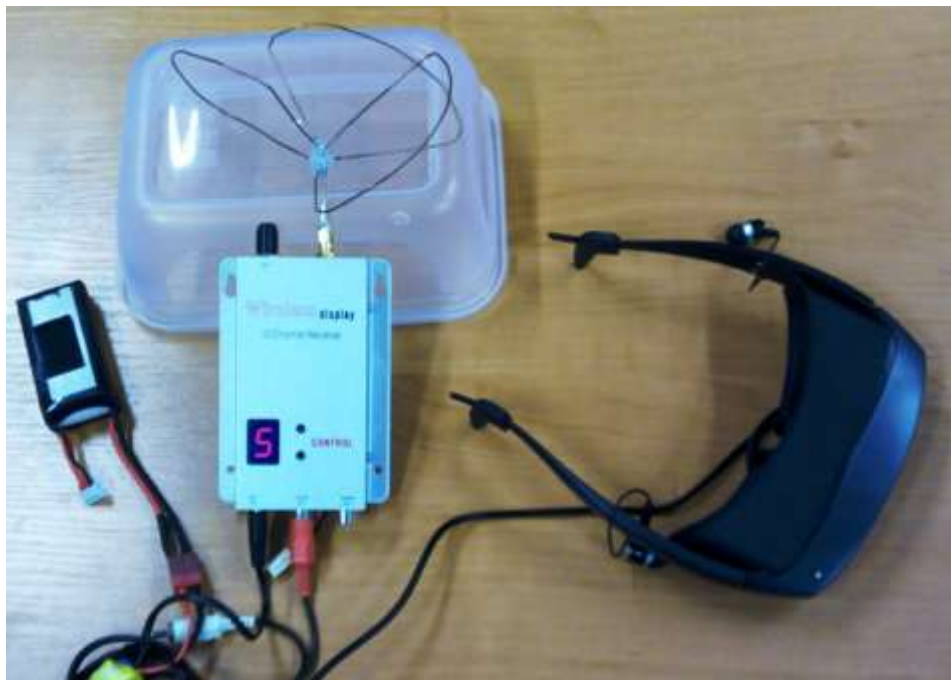
Rysunek 21.

Jako moduł nadawczy wykorzystano układ przedstawiony na Rysunku 29. W jego skład wchodzi kamera GoPro generująca obraz, transmiter AV pracujący na paśmie 1100-1300 MHz, antena oraz układ zasilania w postaci baterii litowo-polimerowej i przetwornicy DC-DC.



Rysunek 22.

Do oceny jakości przesyłanego obrazu użyto prototypu stacji bazowej przedstawionej na Rysunku 30.



Rysunek 23.

W jej skład wchodzi gogle FPV, które umożliwiają podgląd sygnału wideo „na żywo”, odbiornik AV zintegrowany z testowaną anteną oraz układ zasilający.

W celu nawiązania komunikacji głosowej pomiędzy stacją bazową a jednostką nadawczą wykorzystano krótkofalówki typu PMR firmy Motorola (Rysunek 31).



Rysunek 24.

Za pomocą standardowych anten typu „whip” (Rysunek 28) udało się pomyślnie transmitować obraz na ok. 18 m, lecz w trakcie intensywnego ruchu jednostki nadawczej widoczne były wyraźne przerwy w ciągłości obrazu uniemożliwiające bezawaryjny lot.

Para „cloverleaf” oraz „skew planar wheel” zaskoczyła nas w negatywny sposób, ponieważ za ich pomocą maksymalny dystans pozwalający na lot platformą szybowca FPV wynosił około 12 m. Podejrzewamy, że było to spowodowane nieprecyzyjnym wykonaniem anten.

Z całego testowanego zestawienia najlepsze rezultaty otrzymano z połączenia anteny typu „helical” znajdującej się na odbiorniku oraz „cloverleaf” umieszczonej na nadajniku. Obraz pozostawał niezakłócony na dystansie 20 m nawet podczas intensywnego ruchu oraz wielu przeszkód na drodze sygnału.

W przyszłości planowane są również pomiary właściwości anten za pomocą miernika SWR oraz dogłębny pomiar charakterystyk przy pomocy analizatora sieciowego.

3. Podsumowanie

Możliwość udziału w projekcie Autopilot II była dla nas cennym doświadczeniem. Jednym z głównych czynników motywujących do pracy nad przedsięwzięciem jest fakt, iż rezultaty naszych starań zamierzamy wykorzystać do budowy bezałogowego obiektu latającego biorącego udział w Międzyuczelnianych Inżynierskich Warsztatach Lotniczych w Bezmiechowej (najbliższa edycja – wrzesień 2013 r.).

Utworzone przez nas moduły zamierzamy wykorzystać do budowy układu elektronicznego autopilota, który docelowo ma umożliwić w pełni autonomiczny lot naszej platformy. Osiągnięcie w pełni autonomicznego lotu jest zadaniem niezmiernie skomplikowanym i stworzenie bezpiecznej procedury autopilota wymaga przeprowadzenia setek lotów testowych. Mając do dyspozycji platformę latającą oraz komercyjną wersję autopilota w kolejnym projekcie będziemy mogli skupić się na ulepszeniu dotychczasowego rozwiązania (projekt Autopilot I), dodając do niego utworzone moduły OSD i Rescue Shield, także wykorzystując doświadczenia z budowy anten i prostego modułu stabilizacji żyroskopowej (projekt Autopilot II), by ostatecznie zautomatyzować lot i przeprowadzić szereg testów.

4. Zakupiony w ramach realizacji projektu sprzęt

4.1. Wykonane zakupy

- 4.1.1. **Krótkofalówki** – Radiotelefon Motorola TLKR-T8 + zestaw słuchawkowy VOX do XTR446 2 sztuki



Rysunek 25. Radiotelefon Motorola TLKR-T8 + zestaw słuchawkowy VOX do XTR446 2 sztuki

4.1.2. Układ AHRS CHR-UM6 – Pololu 1255 - CHR-UM6 Orientation Sensor



Rysunek 26. Pololu 1255 - CHR-UM6 Orientation Sensor

4.2. Zakupy w trakcie realizacji

W ramach realizacji projektu rozpoczęto również procedurę kupna następujących elementów:

- Samolot pod FPV Raptor 1600 mm
- RangeVideo OSD
- Zestaw elementów elektronicznych i elektromechanicznych
- Zestaw systemu wizyjnego

Aktualnie czekamy na realizację tych zamówień, przy czym rozeznania cenowe na wymienione produkty zostały już złożone.

5. Publikacja wyników projektu

Adres miejsca publikacji wyników projektu w Internecie:

www.uav.polsl.pl