

---

# WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH  
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

---

Marek SZNURA\*, Piotr PRZYSTAŁKA, Wojciech MOCZULSKI

Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn, Wydział Mechaniczny Technologiczny,  
Politechnika Śląska, ul. Konarskiego 18A, 44-100 Gliwice,  
\*marek.sznura@gmail.com

## UKŁAD LOKALIZACJI BEZWZGLĘDNEJ DO ZASTOSOWAŃ W ROBOTYCE MOBILNEJ

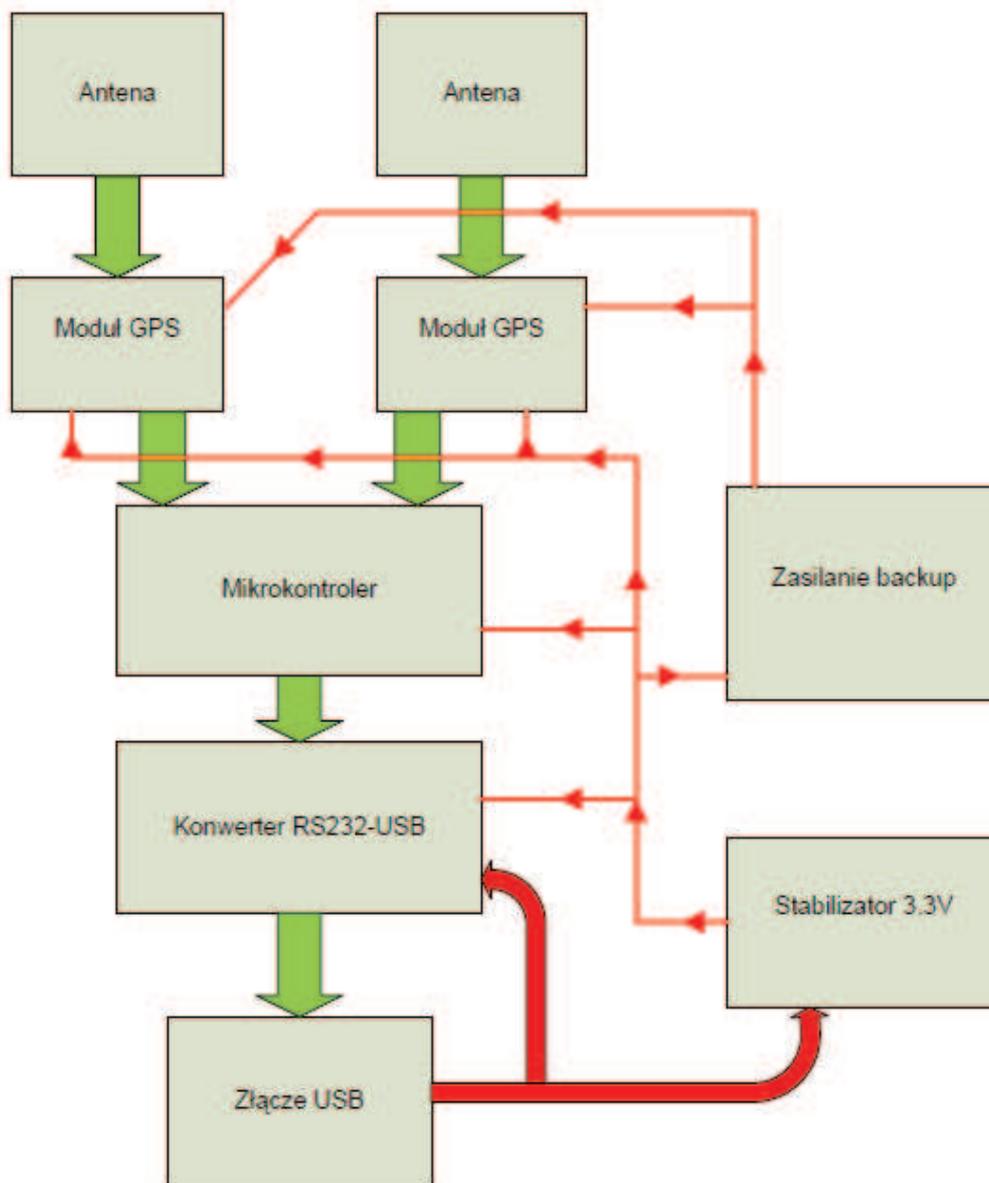
**Streszczenie:** W artykule przedstawiono projekt i implementację prototypu układu do lokalizacji bezwzględnej robota mobilnego. Wykonany prototyp układu jest urządzeniem o niewielkich gabarytach i małej masie, niskim zapotrzebowaniu na energię oraz jest rozwiązaniem tanim w realizacji. Ponadto układ posiada uniwersalny interfejs komunikacji umożliwiający jego współdziałanie z różnymi architekturami sprzętowymi systemów sterowania wysokiego poziomu robotów mobilnych. Wstępne badania weryfikacyjne urządzenia dobrze rokują co do praktycznego wykorzystania tego rozwiązania do nawigacji robotów mobilnych.

### 1. Wstęp

Postęp w dziedzinie robotyki mobilnej, a szczególności rozwój autonomicznych układów mechatronicznych, wymusza stosowanie coraz dokładniejszych systemów lokalizacji. Spośród wielu metod lokalizacji bezwzględnej zazwyczaj wykorzystuje się system GPS [1]. System ten jednoznacznie określa pozycję robota na mapie. Standardowe moduły GPS dostępne w sklepach elektronicznych cechują się sporym błędem określania pozycji. Błędy segmentu kosmicznego, naziemnego oraz transmisji danych do użytkownika końcowego można łatwo niwelować, stosując własny odbiornik referencyjny lub korzystając z dostępnego w Polsce systemu różnicowego (DGPS) [1]. Znacznie trudniej zredukować poziom szumów odbiornika wpływających na precyzję określania pozycji. Odbiorniki klasy low-cost cechują się sporym poziomem szumów wewnętrznych skutkującym dużym rozrzutem pozycji.

### 2. Realizacja układu

Wzięto pod uwagę przytoczone powyżej argumenty i powstał pomysł wykorzystania dwóch odbiorników klasy low-cost [6]. Układ działa w ten sposób, że dane pozyskane z obu odbiorników przetwarzane są za pomocą specjalizowanego algorytmu. Dzięki temu obliczana jest pozycja robota z większą precyzją niż przy wykorzystaniu jednego modułu. Na rys.1 pokazano schemat blokowy układu.

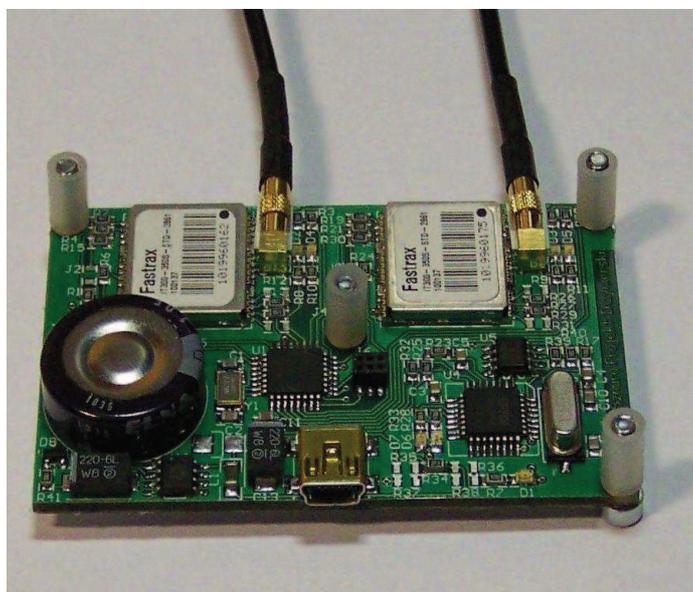


Rys.1. Schemat układu lokalizacji bezwzględnej

Po przeglądzie oferty modułów GPS, dostępnych w krajowych sklepach elektronicznych, zostały wybrane moduły itrax300 firmy Fastrax. Moduły te wysyłają dane z częstotliwością 1Hz [6]. Moduły GPS wyposażone są w asynchroniczne wyjścia, na poziomie napięć zgodnym z TTL. Układ podłączany jest do komputera poprzez port USB. Z uwagi na łatwość oprogramowania został wykorzystany układ FT232 będący konwerterem portu COM na USB [5] i będący standardowym złączem w każdym komputerze PC. Sterownik tego układu emuluje na komputerze port COM. Oprogramowanie niskiej warstwy (mikrokontroler) wysyła informacje poprzez port COM. Oprogramowanie wysokiej warstwy (komputer PC) odbiera dane z portu COM (podczas gdy transmisja odbywa się poprzez interfejs USB).

Aby odbierać dane z dwóch modułów GPS poprzez RS232 oraz komunikować się z komputerem poprzez ten sam interfejs, konieczne jest zastosowanie mikrokontrolera wyposażonego w co najmniej 3 sprzętowe układy USART (ang. *Universal Synchronous and Asynchronous Receiver and Transmitter*). Mikrokontrolery z taką liczbą USARTów są dostępne w dużych i wielopinowych obudowach. Dodatkowym ograniczeniem stosowalności takich jednostek jest ich duży koszt. Dlatego zdecydowano się na wykorzystanie małego, a zarazem taniego mikrokontrolera ATmega48 wyposażonego w jeden sprzętowy USART [4], który wykorzystany został do komunikacji z komputerem poprzez układ FT232. Natomiast dane z modułów GPS odbierane są dzięki programowej emulacji portu COM. Moduły GPS zasilane są napięciem 3,3V [6]. Mikrokontroler toleruje napięcie zasilania w zakresie 2,7V-5,5V [4]. Układ FT232 został wyposażony w specjalizowany system wejść/wyjść, który posiada własne zasilanie [5]. Z tego powodu pomimo konieczności zasilania układu napięciem 5V (bezpośrednio z USB) można go skonfigurować do pracy z urządzeniami pracującymi na napięciu 3,3V. Biorąc pod uwagę estymowany prąd zasilania, zdecydowano się zastosować popularny stabilizator typu low-drop o oznaczeniu LP2951 na napięciu 3,3V [7].

Moduły GPS wyposażone są w wejście zasilające typu backup, które podtrzymuje pamięć RAM. W pamięci RAM przechowywane są informacje o satelitach. Dane te pozwalają w krótkim czasie, po podłączeniu zasilania, otrzymać pozycję geograficzną (hot-start odbiornika GPS). Jako źródło zasilania backup został wykorzystany kondensator dyna-CAP o pojemności 1F. Kondensator jest wewnętrznie zabezpieczony rezystorem o wartości 30Ω [3], podłączonym szeregowo z właściwym kondensatorem. Zabezpieczenie to całkowicie eliminuje zagrożenie porażenia prądem przy zwarciu obładzin kondensatora.



Rys.2. Widok zamontowanego układu

Na rys.2 znajduje się fotografia płyty PCB układu z przylutowanymi elementami. Płytką została wykonana w specjalizowanej firmie, natomiast elementy przylutowano ręcznie,

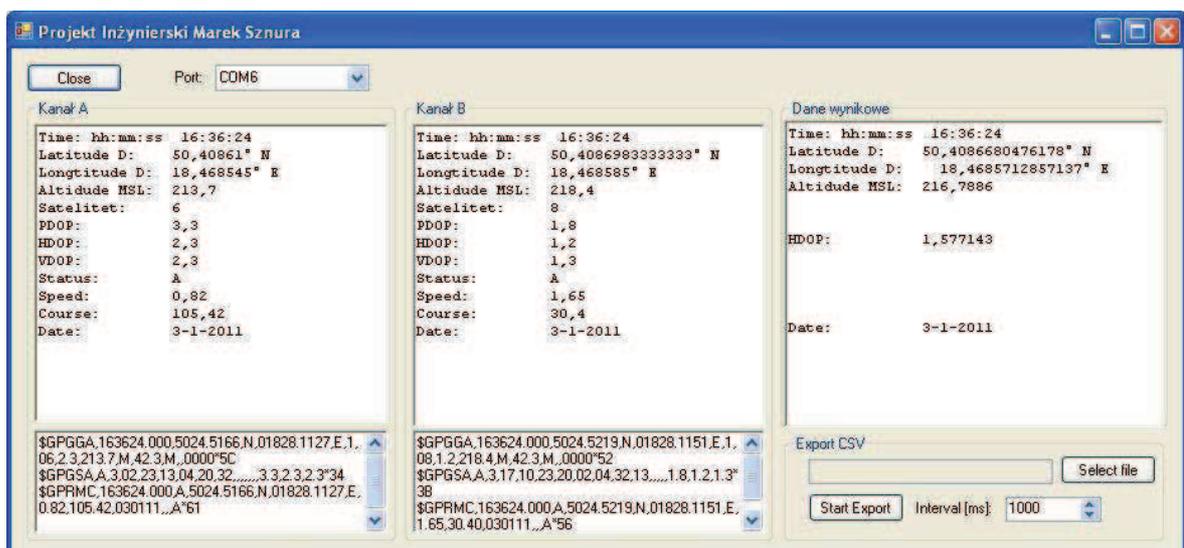
wykorzystując pastę ze spoiwem oraz lutownicę typu hot air. Na rys. 3 przedstawiono układ wyposażony w anteny obierające sygnał z satelitów.



Rys.3. Widok układu z zamontowanymi antenami

### 3. Aplikacja

W celu archiwizacji i wstępnej obróbki danych utworzono aplikację z zastosowaniem języka C#. Aplikacja wyświetla aktualne dane niezależnie z każdego z modułów GPS oraz średnią ważoną wg współczynnika HDOP z obu odbiorników. Dodatkowo przedstawione są takie informacje jak: liczba satelitów, wysokość nad poziomem morza, aktualna godzina czasu UTC, aktualna data, prędkość poruszania się obiektu oraz kierunek poruszania się obiektu. Na rys. 4 przedstawiono widok aplikacji. Aplikacja pozwala również użytkownikowi na zapis zgromadzonych danych do pliku tekstowego.



Rys.4. Widok okna aplikacji do testowania prototypu układu

#### 4. Badania weryfikacyjne

Pierwszym stadium badań było oszacowanie rozmycia pozycji z otrzymywanych pomiarów. Zastosowane moduły cechują się współczynnikiem HDOP50 na poziomie 1,5m. Oznacza to, iż 50% pomiarów dokonywanych jest z precyzją lepszą niż 1,5m. Nie wiadomo jednak, które z pomiarów zawierają się w tych 50%. Rozmycie pomiarów wynosiło maksymalnie 26,69m. Obliczenie średniej ważonej z obu modułów GPS zredukowało rozmycie do 18,22m. Uśrednianie pomiarów w okresie 60s zmniejszyło rozmycie do poziomu 12,3m. Z racji redukcji błędu z 26,69m do 18,22m wydaje się uzasadnione wykorzystywanie dwóch modułów GPS w celu precyzyjniejszej lokalizacji położenia.

Kolejnym stadium badań była redukcja pozostałych składowych ogólnego błędu lokalizacji polegająca na zastosowaniu odbiornika referencyjnego. Odbiornik referencyjny był niemal identyczny jak odbiornik ruchomy, z tą różnicą, że był wyposażony tylko w jeden moduł GPS. Niedobór drugiego modułu GPS zastępowany był dłuższym czasem uśredniania danych odbieranych z pierwszego modułu. Postępowanie takie nie stanowi większego problemu, ponieważ odbiornik referencyjny pozostaje na stałe zlokalizowany w punkcie, którego położenie geograficzne jest znane z dużą dokładnością. Zastosowanie odbiornika referencyjnego pozwoliło zwiększyć dokładność określania pozycji o ponad 21m.

Każdy z zabiegów wprowadził sporą poprawę dokładności określania położenia geograficznego robota mobilnego. Badania weryfikacyjne przeprowadzane były w punkcie osnowy geodezyjnej, co miało umożliwić obliczenie błędu pomiarowego. Niefortunnie punkt ten znajdował się w zadrzewionym miejscu. Drzewa w znaczny sposób pogarszają precyzję pomiaru poprzez odbijanie sygnału z satelity. Prowadzi to do zjawiska zwanego wielotorowością sygnału.

#### 5. Podsumowanie

Podczas realizacji opisanego w artykule projektu największym problemem okazała się weryfikacja działania utworzonego urządzenia. Po upewnieniu się co do niezawodności i pewności działania układu z zaimplementowanym oprogramowaniem, konieczne były szczegółowe pomiary kontrolne. W przeprowadzonych pomiarach ujawniono bardzo duże szумы. Dodatkowo wybór punktu pomiarowego wpłynął na uzyskane wyniki testów. Powodem tego stanu rzeczy jest najprawdopodobniej fakt odbijania się sygnału z satelity od złożonej struktury drzewa, w wyniku czego powstaje znane zjawisko wielotorowości fali. Jest to istotnie dużym problemem w określaniu pozycji GPS. Efekt ten eliminuje się, stosując specjalistyczne anteny, które w projekcie nie zostały wykorzystane.

Innym istotnym elementem wpływającym na szумы odbiornika, a w konsekwencji błędy pomiarowe, jest antena. W niniejszym projekcie wykorzystano tanie anteny dedykowane do samochodów. Producent anteny niestety nie podaje żadnych istotnych parametrów dotyczących anteny z wyjątkiem zysku wbudowanego wzmacniacza sygnału.

Najważniejszym elementem rozwoju układu jest opracowanie specjalistycznego algorytmu umożliwiającego odfiltrowanie pomiarów z największym błędem pomiarowym. Filtrowanie takie jest możliwe przy wykorzystaniu współczynnika HDOP. Przewiduje się również zweryfikowanie istniejącego układu w terenie, w którym nie występują drzewa, najlepiej na płaskim trawiastym gruncie.

## Literatura

1. Januszewski J.: Systemy satelitarne GPS Galileo i inne. Warszawa: PWN, 2006.
2. Profesjonalne odbiorniki GPS. <http://www.szwajcarskaprecyzja.pl>, Grudzień 2010.
3. Dokumentacja kondensatora podtrzymującego. <http://www.pliki.jm.pl/karty/DB.pdf>, Grudzień 2010.
4. Dokumentacja mikrokontrolera atmega88. [http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc2545.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2545.pdf), Grudzień 2010.
5. Dokumentacja modułu FT232. <http://www.tme.eu/dok/ROZNE/ft232bl.pdf>, Grudzień 2010.
6. Dokumentacja modułu GPS. <http://wega.net.ua/Description/TH-F6A/iTrax300.pdf>, Grudzień 2010.
7. Dokumentacja stabilizatora lp2951. <http://www.national.com/ds/LP/LP2950.pdf>, Grudzień 2010.

## GLOBAL LOCALIZATION SYSTEM FOR MOBILE ROBOT APPLICATIONS

**Summary:** The paper deals with the design and implementation of a global localization system for mobile robot applications. A developed prototype is a device that is small and light-weight, low-cost and energy-efficient. Moreover, the device possesses an universal communication interface that can be used in collaboration with various high-level control systems of mobile robots. The results of some preliminary tests of the prototype show that it can be applied for navigation of mobile robots.