
WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

Jarosław CHRUKIN, Piotr PRZYSTAŁKA, Wojciech MOCZULSKI*

Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn, Wydział Mechaniczny Technologiczny,
Politechnika Śląska, ul. Konarskiego 18A, 44-100 Gliwice,
*wojciech.moczulski@polsl.pl

INERCYJNO-ODOMETRYCZNY UKŁAD LOKALIZACJI MOBILNEGO ROBOTA KOŁOWEGO

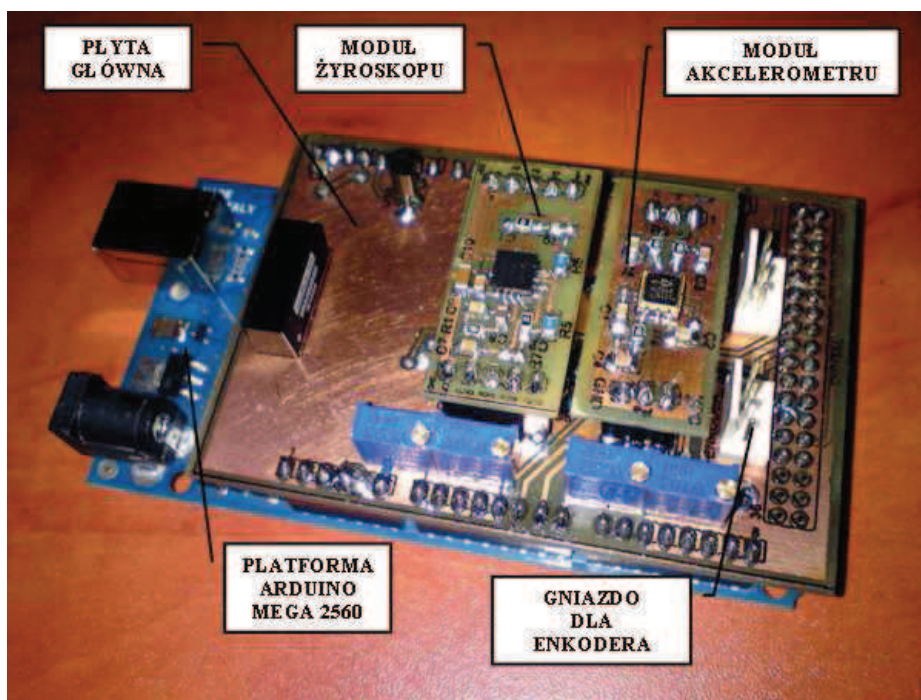
Streszczenie: W artykule przedstawiono projekt i opisano prototyp układu do lokalizacji względnej kołowego robota mobilnego. Układ ten zaprojektowano tak, aby możliwe było jednoczesne wykorzystanie dwóch podstawowych technik lokalizacji względnej: inercyjnej i odometrycznej. Do wykonania prototypu użyto jednostki obliczeniowej opartej na architekturze otwartej, trójosiowego akcelerometru konwekcyjnego, oraz dwóch enkoderów działających na podstawie zjawiska Halla. Opisano także wstępne badania weryfikacyjne określające dokładność poszczególnych modułów urządzenia.

1. Wstęp

Pomiar drogi pokonywanej przez robota mobilnego poruszającego się w pomieszczeniu zamkniętym oraz wyznaczenie jego pozycji jest zagadnieniem trudnym i jak dotąd nie do końca rozwiązany. Istnieją dwa rodzaje układów pomiarowych: bezwzględne oraz względne [4]. Układy bazujące na pomiarze bezwzględnym oprócz układów pomiarowych zintegrowanych z robotem potrzebują również odpowiedniego przygotowania pomieszczenia, w którym robot będzie się poruszał. Przygotowanie to polega na rozmieszczeniu odpowiednich punktów bazowych, w odniesieniu do których robot będzie określał swoją pozycję. Jest to z reguły bardzo uciążliwe i ogranicza przestrzeń działania robota jedynie do pomieszczeń, w których zainstalowane są punkty referencyjne. Układ lokalizacji względnej jest wolny od tych wad. Cechuje go autonomiczność. Należy przez to rozumieć, że czujniki wchodzące w skład układu są zintegrowane z robotem i oprócz nich nie potrzeba żadnych dodatkowych urządzeń wspomagających lokalizację. Przedstawiony w artykule prototyp inercyjno-odometrycznego układu lokalizacji mobilnego robota kołowego jest w całości zintegrowany z robotem i nie wymaga do poprawnej pracy zewnętrznych elementów. W artykule omówiona została zasada działania układu, schemat blokowy oraz elementy, które w ramach projektu zaprojektowano i wykonano: płytę główną, moduł akcelerometru, moduł żyroskopu.

2. Ogólna charakterystyka układu

Jak pokazano na Rys. 1 układ charakteryzuje się modułową budową i składa się z następujących elementów: platformy Arduino MEGA 2560, płyty głównej montowanej za pomocą złącz kołkowych na platformie Arduino, modułów akcelerometru i żyroskopu umieszczonych na płycie głównej oraz enkoderów współpracujących z układem - zintegrowanych z silnikami.



Rys.1. Inercyjno-odometryczny układ lokalizacji mobilnego robota kołowego
 Fig.1. Inertial-odometric localization system of wheeled mobile robot

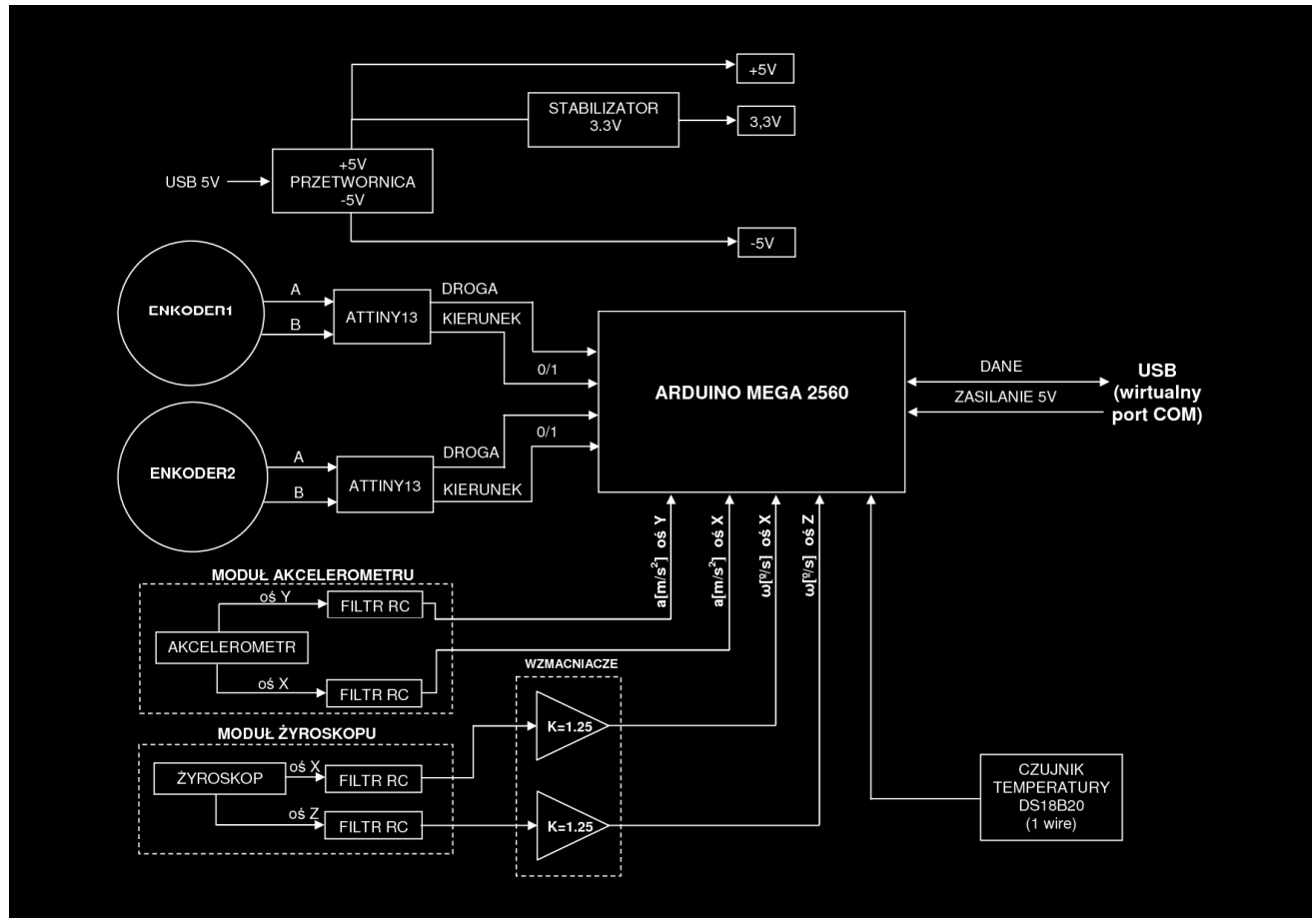
Całość stanowi zwartą konstrukcję, którą z powodzeniem można zamontować na lub w obudowie robota mobilnego. Układ jest bardzo łatwo przenośny z uwagi na zasilanie wyłącznie z portu USB.

3. Schemat blokowy i zasada działania

Ze schematu blokowego pokazanego na Rys. 2 można wywnioskować, że głównym elementem układu i jednocześnie jednostką obliczeniową jest platforma Arduino MEGA 2560. Platforma Arduino jest odpowiedzialna za przetwarzanie danych z wszystkich czujników i wysłanie ich poprzez port USB do komputera. Na samej górze schematu widnieje przetwornica DC/DC, której zadaniem jest wygenerowanie z pojedynczego napięcia 5V napięć symetrycznych -5V oraz 5V. Napięcia te potrzebne są do zasilania wzmacniaczy operacyjnych. Do gałęzi wyjściowej 5V przetwornicy dołączony jest precyzyjny stabilizator napięcia 3.3V, który zasilą moduły akcelerometru oraz żyroskopu.

Poniżej znajdują się dwa enkodery zamontowane na osiach silników robota. Posiadają one dwa wyjścia: A oraz B. Są to wyjścia sygnałów prostokątnych, przesuniętych w fazie o 90°. Na podstawie tych dwóch sygnałów można określić aktualny kierunek obrotu osi silnika.

Sygnały te kierowane są do mikrokontrolera ATtiny13, którego zadanie polega na rozpoznaniu kierunku, w którym obraca się oś silnika i wygenerowaniu na linii o nazwie *kierunek* odpowiedniego stanu (0 lub 1). Z kolei na linii o nazwie *droga* transmitowany jest sygnał A lub B, który służy do określenia przebytej drogi.



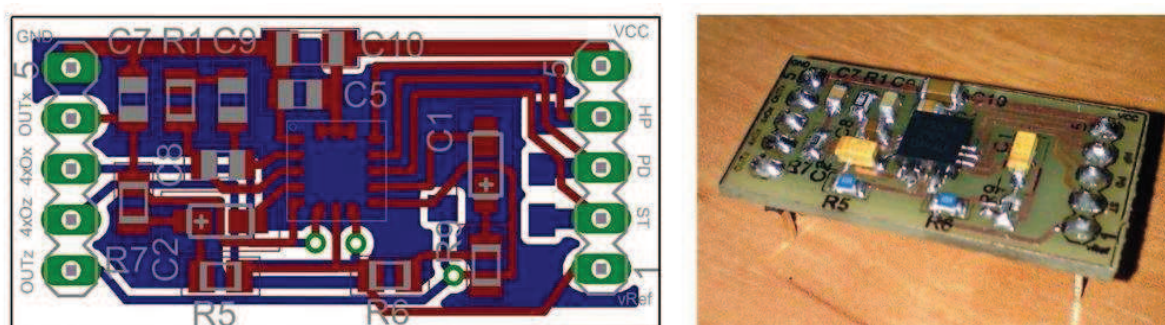
Rys.2. Schemat blokowy układu

Fig.2. Block diagram

Na samym dole schematu znajdują się symbole modułów akcelerometru i żyroskopu. Sygnał z akcelerometru jest doprowadzony bezpośrednio do układu Arduino, ponieważ jest dopasowany do poziomów przetwornika A/C. Zastosowano dziesięć-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy, pracujący przy napięciu odniesienia równym 2.56V. Daje to czułość równą 2.5mV na jedną działkę. Sygnał z żyroskopu wymaga zastosowania wzmacniaczy operacyjnych z dwóch powodów. Pierwszym powodem jest zbyt mały poziom sygnału wyjściowego, który wynosi 2mV na 1°/s. Jak wcześniej wspomniano, użyty przetwornik wymaga 2.5mV/działkę, więc sygnał z żyroskopu należało wzmocnić 1.25x, aby uzyskać optymalną rozdzielczość. Drugim zadaniem wzmacniaczy jest kompensowanie tzw. offsetu wewnętrznych wzmacniaczy operacyjnych żyroskopu.

4. Moduł żyroskopu

Moduł żyroskopu (rys. 3) powstał na bazie układu LPY550AL. Schemat zaczerpnięto ze strony internetowej www.robodudes.pl [3] i zoptymalizowano, korzystając z noty katalogowej układu [1]. Płytkę drukowaną zaprojektowano w programie Eagle i wykonano we własnym zakresie powszechnie znaną i praktykowaną metodą termotransferu.



Rys.3. Moduł żyroskopu
Fig.3. Gyroscope module

Moduł posiada cztery wyjścia sygnałowe. Są to dwa wyjścia sygnału osi X (OUTx) i Z (OUTz) bez wzmocnienia oraz dwa wyjścia tych samych osi wzmocnione 4x o nazwach 4xOx i 4xOz. Oprócz tego układ posiada trzy wejścia: HP, PD oraz ST. Wejście HP służy do resetowania filtra górnoprzepustowego, PD pozwala na wprowadzenie układu w tryb uśpienia (power down), a przez podanie logicznej 1 na wejście ST można przeprowadzić test działania żyroskopu. Moduł zasilany jest napięciem 3.3V i pobiera około 7mA podczas pracy.

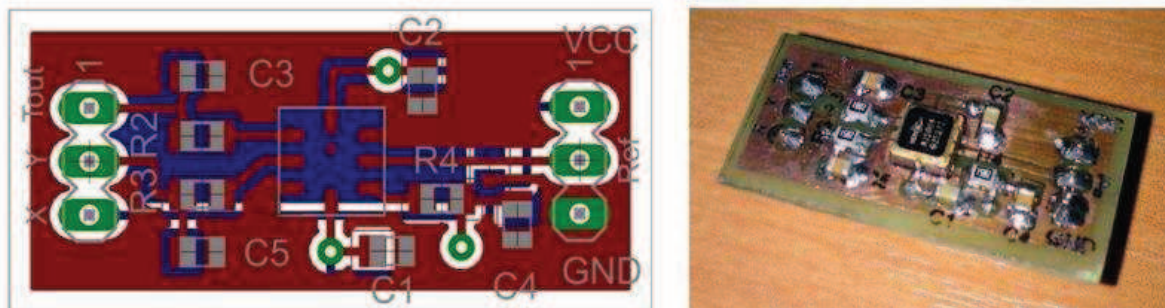
Tab. 1. Parametry modułu żyroskopu
Tab. 1. Parameters of gyroscope module

Zasilanie	3.3[V]
Pobór prądu	7-10[mA]
Zakres pomiarowy	± 500 [°/s]
Rozdzielczość	7-10[mA]
Poziom logicznej 1	$0.8 \cdot V_{dd}$

Montaż elementów na płycie drukowanej został wykonany w technologii SMD. Płytkę jest dwustronna, składa się z warstwy dolnej zaznaczonej na rys. 3 kolorem niebieskim oraz warstwy górnej, zaznaczonej kolorem czerwonym. Na warstwie dolnej puste miejsca między obwodami zostały wypełnione tzw. poligonem masy. Ma to na celu ekranowanie ewentualnych zakłóceń, które mogą wystąpić podczas pracy układu. Parametry modułu zostały umieszczone w tab. 1.

5. Moduł akcelerometru

Do budowy modułu przedstawionego na rys. 4 użyty został układ MXA2500A. Jest to akcelerometr wykorzystujący w swoim działaniu zjawisko konwekcji, stąd jego nazwa - akcelerometr konwekcyjny. Schemat modułu został opracowany i narysowany w programie Eagle na podstawie noty katalogowej układu akcelerometru [2]. Płytkę drukowaną, przedstawioną na rys. 4, wykonano metodą termotransferu.



Rys.4. Moduł akcelerometru

Fig. 4. Accelerometer module

Moduł posiada następujące wyprowadzenia: VCC - napięcie zasilające, GND - masa, Vref - wyjście napięcia referencyjnego, Tout - wyjście wewnętrznego czujnika temperatury, X - wyjście sygnału przyspieszenia osi X, Y - Wyjście sygnału przyspieszenia osi Y.

Tab. 2. Parametry modułu akcelerometru

Tab. 2. Parameters of accelerometer module

Zasilanie	2.7V-5.25[V]
Pobór prądu	3-6.3[mA]
Zakres pomiarowy	$\pm 4.9[m/s^2]$
Rozdzielczość	0.02[m/s ²]
Sygnal wyjściowy	500[mV/m/s ²]

Tak samo jak w przypadku modułu żyroskopu puste miejsca pomiędzy ścieżkami na płytce drukowanej wypełnione zostały poligonem masy, który ma zredukować ewentualne zakłócenia mogące wystąpić w układzie. Montaż wykonany jest również w technologii SMD. Parametry modułu przedstawiono w tab. 2.

6. Transmisja danych

Dane z układu transmitowane są poprzez interfejs USB (wirtualny port COM) do komputera z częstotliwością 100Hz w ramach zakończonych znakiem przejścia do następnej linii. Format danych został dobrany tak, aby można je było łatwo odbierać i odczytać na dowolnym terminalu pracującym w systemie Windows. Obecnie w trakcie tworzenia jest dedykowana aplikacja do obsługi urządzenia.

7. Podsumowanie

Prototyp inercyjno-odometrycznego układu lokalizacji mobilnego robota kołowego, będący przedmiotem artykułu, jest doskonałą platformą do badań nad algorytmami fuzji i filtracji danych z czujników. Wstępne badania weryfikacyjne pokazały duży potencjał zaprojektowanego układu. Implementując odpowiedni algorytm obróbki danych, można na jego bazie wykonać układ mierzący drogę przebytą przez robota i wyznaczający jego położenie we względnym układzie współrzędnych.

Literatura

1. Nota katalogowa układu LPY550AL, 2009.
2. Nota katalogowa układu MXA2500A, 2004.
3. Strona internetowa: www.robodudes.com, dn. 27.12.2010.
4. Szymczak J.: System wspomaganie położenia robota mobilnego za pomocą czujników odometrycznych. Praca magisterska. Politechnika Warszawska, Wydział Elektryczny, 2006/2007.

INERTIAL-ODOMETRIC LOCALIZATION SYSTEM OF A WHEELED MOBILE ROBOT

Summary: The main aim of the paper is to present the design and realization of a relative localization system for wheeled mobile robot applications. This prototype is designed in such way that can be simultaneously used in two well-known localization approaches: inertial and odometric ones. In order to create the developed device an open-source hardware was used. Also, a three-axis thermal accelerometer and two rotary magnetic encoders based on Hall effect were used for the prototype development. Some preliminary tests of the developed equipment to measure the accuracy of the modules were carried out.