

EKSPERYMENTALNA WERYFIKACJA PARAMETRÓW I CHARAKTERYSTYK DALMIERZA ROBOTOWEGO

Maciej Łukasz SŁOWIK*, Daniel OŁDZIEJ*

Wydział Mechaniczny, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45C, 15-351 Białystok

maciejslowik@gmail.com, danoj@wp.pl

Streszczenie: Zróżnicowane wyposażenie autonomicznego robota mobilnego (ARM) w sensory, w gruntowny sposób wpływa na proces sterowania tymże obiektem. W artykule dokonano przeglądu czujników opcjonalnie stosowanych w ARM. Szczegółowym badaniom poddano dalmierze GP2Y0A0YK pracujące w paśmie podczerwieni. Opracowano ich tor pomiarowy. W kolejnym kroku zbadano charakterystyki statyczne pracy sensorów i porównano z danymi katalogowymi producenta. Celem badań dynamicznych zainstalowano dwa czujniki na doświadczalnej platformie mobilnej. Sprawdzone ich wzajemne zakłócanie się oraz odpowiedź czujnika na pojawiające się nieruchome i ruchome przeszkody.

1. WPROWADZENIE

Autonomiczność pracy robota mobilnego wymaga wyposażenia go w szereg komponentów dostarczających i przetwarzających informacje oraz zapewniających fizyczną realizację określonych reakcji. Wyposażenie te dzielimy na trzy zasadnicze grupy:

- elementy sensoryczne (pomiarowe);
- mikrokontroler – sterownik;
- elementy wykonawcze.

Elementy te dopełniają się nawzajem w celu realizacji zadań robota – tworzą pętle regulacyjne. W platformie samojezdnej zadaną czynnością jest jej ruch. Każda zmiana położenia powoduje zmianę sygnałów pomiarowych kierowanych do sterownika celem wypracowania pożądanego zachowania elementów wykonawczych - silników. W ten sposób cały proces sterowania zamyka się w pętli. Schematycznie przedstawione jest to na Rys. 1.



Rys.1. Pętla odczytu sensorów i wynikowej reakcji silników

1.1. Rodzaje czujników

Rozwój techniki oraz postępująca miniaturyzacja elementów półprzewodnikowych sprawiły, że na dzień dzisiejszy mamy szeroką gamę czujników, do zastosowania w samojezdnych konstrukcjach robotycznych. Elementy

sensoryczne powszechnie stosowane w robotyce mobilnej można podzielić na:

- czujniki podczerwieni;
- czujniki optoelektroniczne;
- sonary ultradźwiękowe;
- skanery laserowe;
- czujniki dotykowe;
- enkodery obrotu osi silnika;
- kompasy;
- układy GPS;
- przyspieszeniomierze;
- giroskopy.

Każdy z nich ma cechy determinujące go do zastosowania w określonym celu: wskazanie położenia i orientacji, pomiar odległości, wykrycie przeszkody, określenie kierunku ruchu oraz pomiar prędkości ruchu. Wybór odpowiedniego czujnika dyktowany jest wymogami takimi jak:

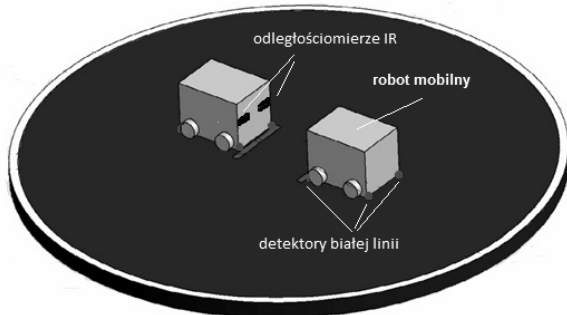
- środowisko w jakim będzie pracował robot;
- dokładność pomiaru, jaką chcemy uzyskać;
- ograniczona przestrzeń montażowa elementu;
- stosunek cena/jakość.

1.2. Sensory zastosowane w badaniach

Mobilna platforma badawcza powstała na bazie robota do walk „sumo”. Dla tego typu robota wskazane jest stosowanie dwóch typów czujników:

- czujniki podczerwieni ze względu na łatwość implementacji oraz niską cenę są najpopularniejszym wyborem, jeśli chodzi o konstrukcję autonomicznych robotów. Do wyboru są moduły zintegrowane (nadajnik, odbiornik i komparator) lub oddzielnie można zakupić nadajnik, odbiornik o tej samej częstotliwości fali oraz sprzęgnąć je ze sobą. Czujniki te mają na wyjściu sygnał napięciowy, który łatwo później poddać dalszej obróbce np. przetwarzaniu analogowo-cyfrowemu.

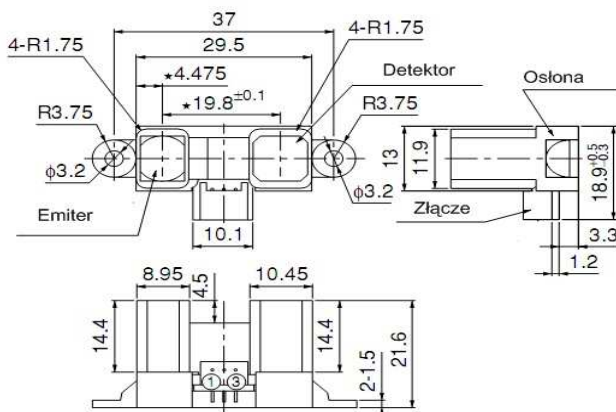
- czujniki optoelektroniczne (odbiciowe) zbudowane są z elementu emitującego światło - diody IR (lub UV) oraz odbiornika-fototranzystora o polaryzacji NPN. W robocie typu „sumo” służą one do wykrywania białej linii na brzegu maty (Rys. 2). Zasada działania jest następująca: ciemne podłoże słabo odbija promienie świetlne, zaś najechanie na białą linię, czyli koniec maty, powoduje odbicie wiązki podczerwieni i zadziałanie czujnika.



Rys. 2. Rozmieszczenie sensorów na platformie robota

2. OPIS WYBRANEGO CZUJNIKA

Priorytetem w niniejszej pracy jest detekcja i pomiar przez robota odległości do przeszkody lub przeciwnika. Do realizacji tego zadania rozważano zastosowanie skanera laserowego lub czujnika odległości na podczerwień. Ze względu na niskie koszty komponentu oraz małe wymiary użyto czujnika podczerwieni firmy SHARP. Czujnik o nazwie GP2Y0A0YK charakteryzuje się zasięgiem od 20 cm do 150 cm. Jest to jeden z najpopularniejszych dalmierzy podczerwieni w zastosowaniach robotyki amatorskiej. Cechuje go mała zwarta obudowa oraz niewielkie zapotrzebowanie na energię elektryczną. Analogowe wyjście napięciowe pozwala na bezpośrednie podłączenie sensora do odpowiednich wejść mikrokontrolera, który dokonuje akwizycji danych pomiarowych.



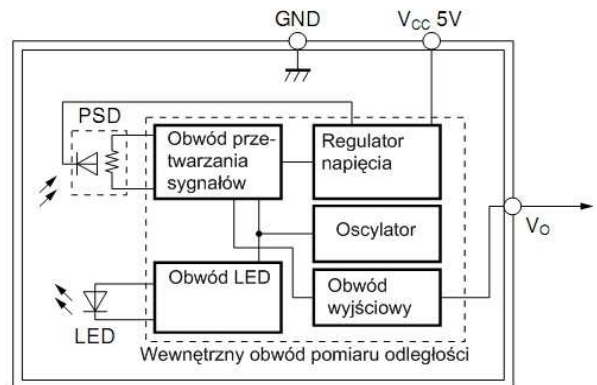
Schemat połączeń

- ① V_O
- ② GND
- ③ V_{CC}

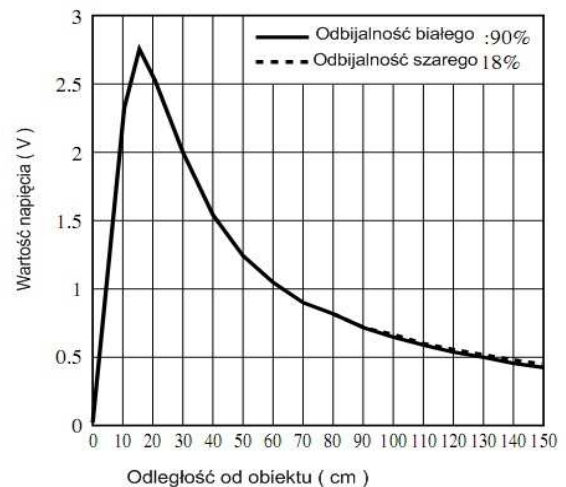
Rys. 3. Budowa oraz wymiary zewnętrzne czujnika podczerwieni GP2Y0A0YK (www.sharpsme.com)

Parametry katalogowe czujnika GP2Y0A0YK (www.sharpsme.com):

- Pomiar odległości z zakresu 20 – 150 cm;
- Wymiary 29,5x13,21,6 mm;
- Czas inicjacji pracy 44 ms;
- Średnia konsumpcja prądu 33 ms;
- Wyjście analogowe napięciowe;
- Temperatura pracy: -10 °C do + 60 °C;
- Temperatura przechowywania: -10 °C do +70 °C;
- Napięcie zasilania : od 4,5 V do 5,5 V.



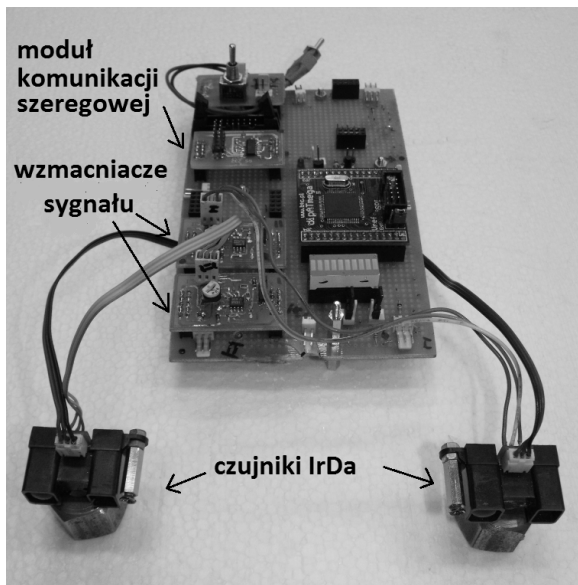
Rys. 4. Wewnętrzny obwód pomiaru odległości GP2Y0A0YK (www.sharpsme.com)



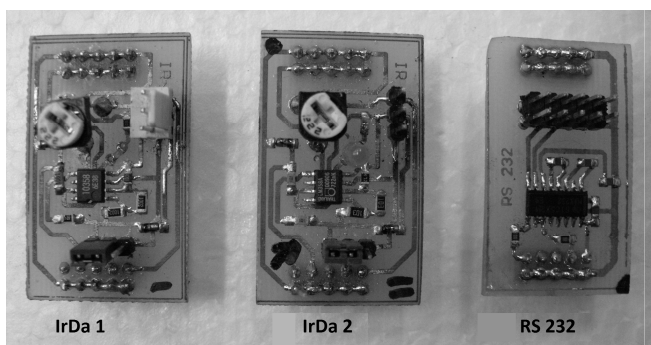
Rys. 5. Charakterystyka zależności napięcia na wyjściu czujnika od odległości obiektu obserwowanego przez czujnik podana przez producenta (www.sharpsme.com)

3. BADANIE CZUJNIKA

Opracowano tor pomiarowy i sprawdzono działanie czujnika pracującego w rzeczywistych warunkach. Układ sterujący naszym ARM ma budowę modułową. Dodatkowo, mimo możliwości bezpośredniego połączenia sensora IrDa z wejściem analogowym na procesorze zdecydowano na zastosowanie modułu pośredniego, który pełni funkcję wzmacniacza sygnału, a zarazem umożliwia zmianę zasięgu pracy czujnika poprzez potencjometr. Sposób połączenia przedstawiony jest na Rys. 6.



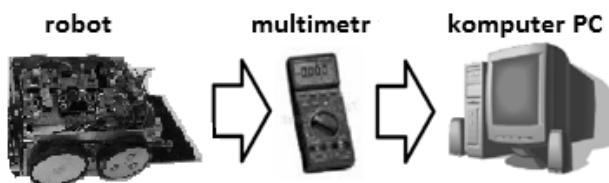
Rys. 6. Widok poglądowy połączeń sensorów z płytą bazową



Rys. 7. Wzmacniacze sygnału z czujników IrDa i moduł komunikacji RS232

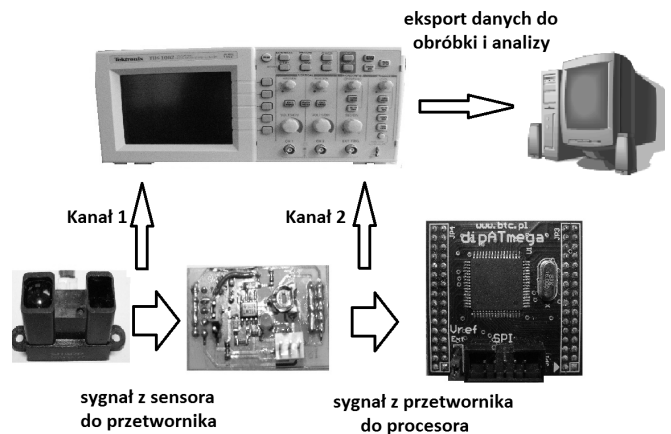
3.1. Realizacja toru pomiarowego

Badanie charakterystyki statycznej czujnika, przeprowadzono dwiema metodami. Pierwsza z nich opiera się na wykorzystaniu multimetru z analogowym pomiarem napięcia podłączonego przez port szeregowy RS232 do komputera, gdzie odbywa się rejestracja danych.



Rys. 8. Połączenie urządzeń pierwszego toru pomiarowego

Drugi tor pomiarowy opiera się na akwizycji danych z wykorzystaniem oscyloskopu 2 – kanałowego, gdzie urządzenie jest wpięte równolegle między sensor a płytkę przetwornika (kanał1) oraz między przetwornik a procesor (kanał2). Pozwala to na zbadanie wpływu działania przetwornika analogowo - cyfrowego na kształt i przebieg sygnału. Odczytu danych dokonano na oscyloskopie, a następnie wysyłano do terminala komputera PC.



Rys. 9. Połączenie urządzeń w drugim torze pomiarowym

3.2. Przeprowadzenie pomiarów

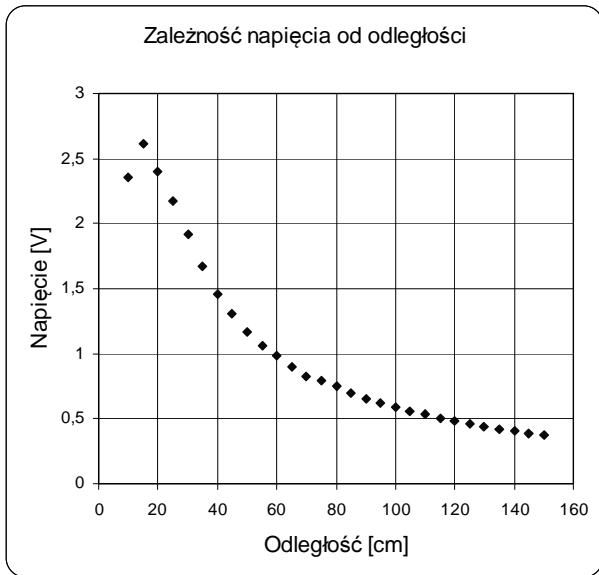
Pomiary przeprowadzono w pomieszczeniu laboratoryjnym o stałym oświetleniu oraz temperaturze. Sztuczna ściana z bloków styropianowych imitowała przeszkodę, przed którą stał robot wyposażony w czujniki GP2Y0A0YK. Zmieniano odległość robota od przeszkody i mierzono aktualną wartość napięcia bezpośrednio na wyjściu sensorów, a także między wzmacniaczem operacyjnym a procesorem. Akwizycja danych dla pomiarów statycznych zrealizowano podczas zbliżania i oddalania się od przeszkody. Dynamiczne pomiary realizowano poprzez wystąpienie zakłócenia gwałtownym pojawieniem się przeszkody oraz zbadanie wpływu wzajemnego zakłócenia się sensorów wiązkami podczerwieni.

3.3. Wyniki pomiarów statycznych

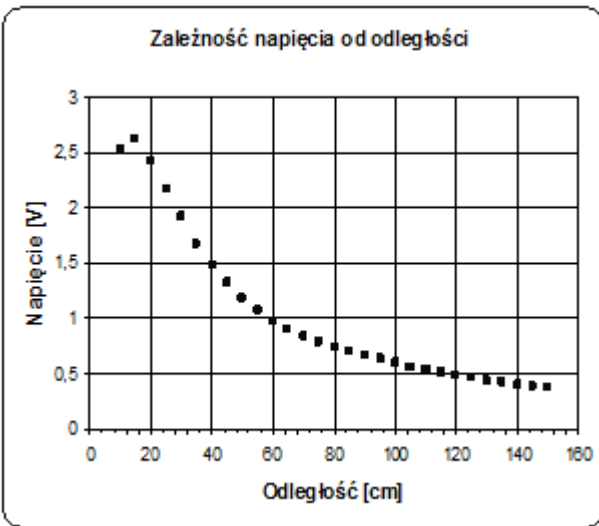
Pomiary statyczne miały wykazać ewentualne różnice charakterystyk rzeczywistych pomiarów względem podawanych przez producenta. Wykonano badania dla przeszkody zbliżającej się do czoła robota (Rys. 10) oraz obiektu oddalającego się (Rys. 11). Pomiaru wartości napięcia dokonano bezpośrednio na wyjściu czujnika przed wzmacniaczem zmieniając dystans robot/przeszkoda każdorazowo o 5 cm. Dla uwiarygodnienia pomiaru i minimalizacji akwizycji błędnych odczytów w każdej pozycji mierzono i rejestrowano napięcie pięciokrotnie, a następnie uśredniono wyniki podczas obróbki danych.

Wykres na Rys. 10 przedstawia charakterystykę statyczną na której pokazano nieliniową zależność zmian napięcia od przyrostu odległości. Zasięg efektywny sensora firmy SHARP GP2Y0A0YK zawiera się w przedziale 20 –150 cm. Porównując charakterystykę producenta (Rys. 5) z rzeczywistą zbadaną, nie widać większych odstępstw w jej przebiegu.

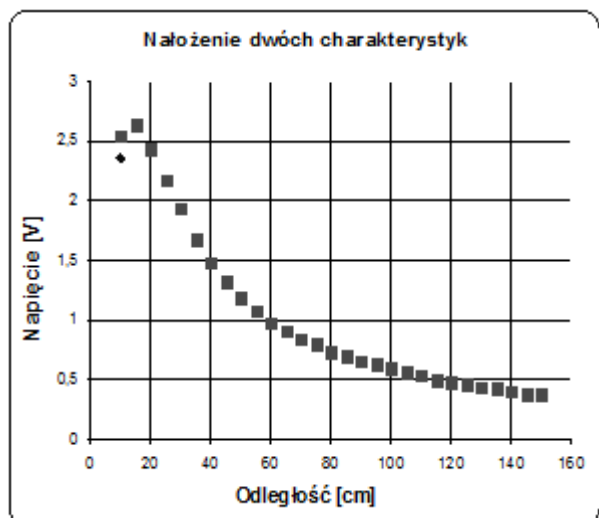
Wykres na Rys. 11 przedstawia zależność zmian napięcia przy zbliżaniu obiektu do robota. Nakładając na siebie charakterystyki statyczne zbliżania i oddalania się (Rys. 11), próbowano znaleźć ewentualne wystąpienie histerezy. Analizując przebieg z Rys. 11 zauważono, że histereza nie występuje.



Rys. 10. Zmiany napięcia na wyjściu czujnika – zbliżenie

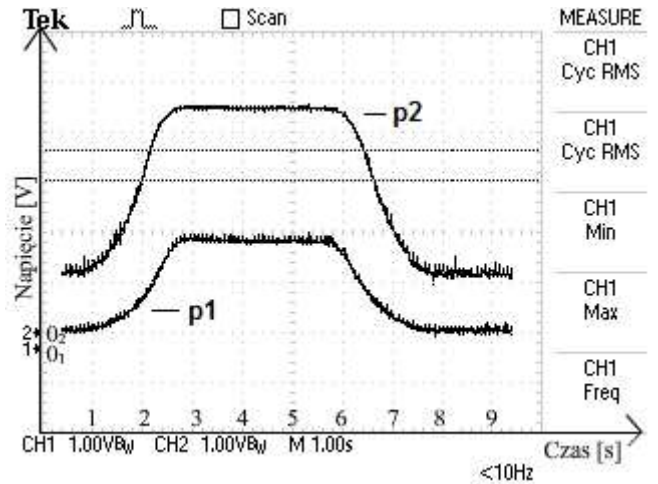


Rys. 11. Zmiany napięcia na wyjściu czujnika – oddalenie

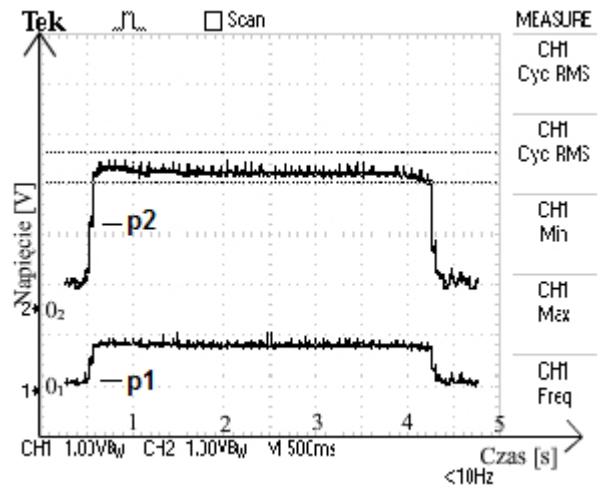


Rys. 12. Sprawdzenie wystąpienia histerezy zbliżenie – oddalenie

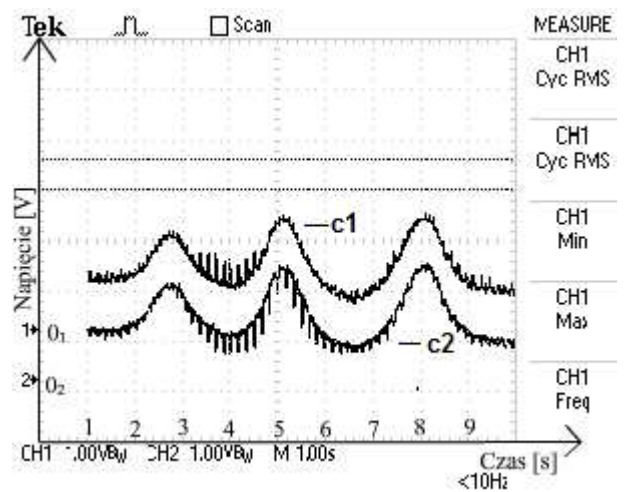
3.4. Wyniki pomiarów dynamicznych



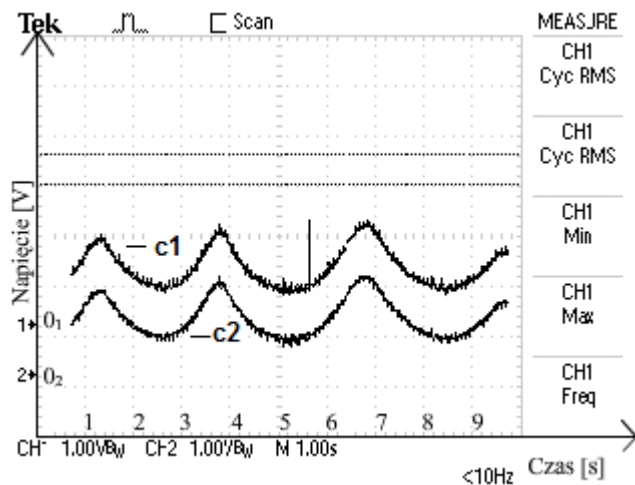
Rys. 13. Oscylogram nr 1 – zbliżenie przeszkody od 150 do 20 oraz oddalenie od 20 do 150



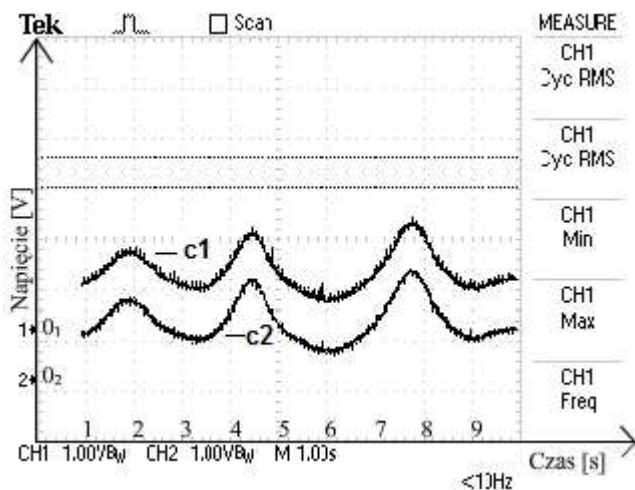
Rys. 14. Oscylogram nr 2 – skokowe pojawienie się przeszkody w odległości 50 cm od czujników



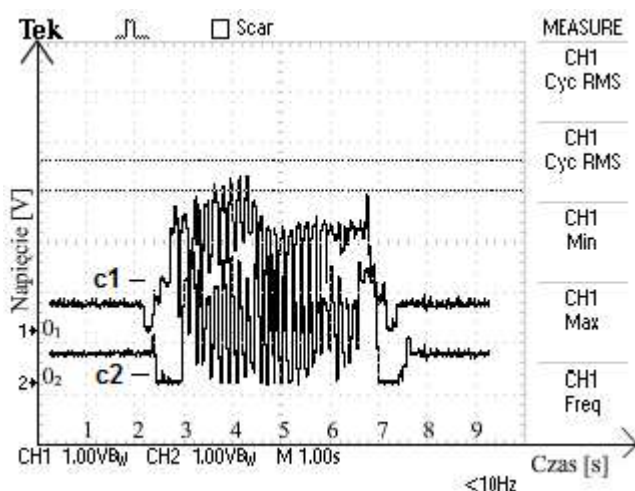
Rys. 15. Oscylogram nr 3 – wpływ wzajemnego zakłócania się czujników, rozstaw czujników w odległości 2 cm



Rys.16. Oscylogram nr 4 – wpływ wzajemnego zakłócania się czujników, rozstaw czujników w odległości 8,5 cm



Rys. 17. Oscylogram nr 5 – wpływ wzajemnego zakłócania się czujników, rozstaw czujników w odległości 12 cm



Rys.18. Oscylogram nr 6 - wpływ wzajemnego zakłócania się czujników, umieszczonych naprzeciwko względem siebie w odległości 4 cm

Pomiary przeprowadzono poprzez zmierzenie napięcia w dwóch punktach toru pomiarowego za pomocą oscylo-

skopu Tektronix tds 1002. Dla oscylogramów Rys. 13 i Rys. 14 pierwszym punktem (p1) był pomiar napięcia wychodzącego z czujnika, drugim (p2), pomiar napięcia po wzmocnieniu przez układ elektroniczny obsługi czujnika. Dla oscylogramów Rys. 15 – Rys. 18 badano wpływ zakłóceń czujników na siebie, gdzie pierwszy sygnał na oscyloskopie to czujnik pierwszy (c1), a sygnał drugi odpowiednio jest charakterystyką napięcia drugiego czujnika (c2). Odpowiednio na oscylogramach jest to przebieg 1 oraz 2 zaznaczone odpowiednio na osi rzędnych. Na osi odciętych natomiast mamy czas, który wynosi 10 sekund dla wszystkich pomiarów z wyjątkiem pomiaru Rys. 14 gdzie wynosi on 5 sekund.

Pierwszy pomiar przedstawiono na oscylogramie Rys. 13 polegał na rejestracji napięcia przy poruszaniu się przeszkody od 150 do 20 cm oraz powrocie przeszkody do odległości pierwotnej. Pierwszy wzrost poziomu napięcia jest to zbliżanie przeszkody do czujnika, po czym następuje stabilizacja napięcia (dla 20 cm), a następnie opadanie poziomu napięcia do punktu startowego (dla 150 cm).

Pomiar drugi przedstawiony na oscylogramie Rys. 14 przedstawia charakterystyki czujników reagujących na pojawienie się przeszkody w odległości 50 cm od nich, a następnie usunięciu przeszkody i powrocie do stanu początkowego czujników. Zaobserwowano większe oscylacje na przebiegu drugim (sygnał po wzmocnieniu), sygnały mają zbliżone czasy narastania oraz opadania, pomimo większych amplitud.

Charakterystyki na oscylogramach Rys. 15, Rys. 16 oraz Rys. 17 przedstawiają wpływ położenia czujników, umieszczonych w jednej linii na pomiar odległości. Ze względu na ten sam typ czujników można zauważyć zakłócenia, które są tym większe, im czujniki są bliżej siebie. Wynika to z zakłócania odbioru fali elektromagnetycznej (światła podczerwonego) poprzez sąsiadujące czujniki. Odpowiednio umieszczając czujniki w odległości 2 cm, występują duże zakłócenia oraz fluktuacje charakterystyki pomiaru (Rys. 15), zakłócające uzyskany wynik pomiaru. Kolejny oscylogram (Rys. 16) przedstawia pomiar przy rozstawie czujników w odległości 8,5 cm. Zaobserwowano mniejsze fluktuacje oraz bardziej liniowe i wygładzone charakterystyki pomiaru napięcia. Na Rys. 17 natomiast uzyskano najlepszy przebieg pomiaru. Wynika to z ustawienia czujników w odległości 12 cm od siebie.

Ostatni oscylogram (Rys. 18) przedstawia sytuację, gdy czujniki umieszczone są prostopadłe naprzeciwko siebie, w jednej linii w odległości 20 cm. Ze względu na budowę czujników (emiter i detektor) sygnał wysłany nie wraca do czujnika z którego został wyemitowany, tylko trafia na detektor czujnika przeciwnego zakłócając jego wskazania. Na Rys. 18. można zaobserwować oscylacje wyników uniemożliwiające odczyt napięcia, a w wyniku tego brak możliwości określenia jakiegokolwiek odległości, w momencie skierowania czujników naprzeciw siebie.

4. ANALIZA ALGORYTMU STEROWANIA

W sterowaniu zaimplementowanym w robocie mobilnym, wyróżniamy dwa rodzaje danych sensorycznych, są to dane od czterech czujników białych linii (czujniki optycz-

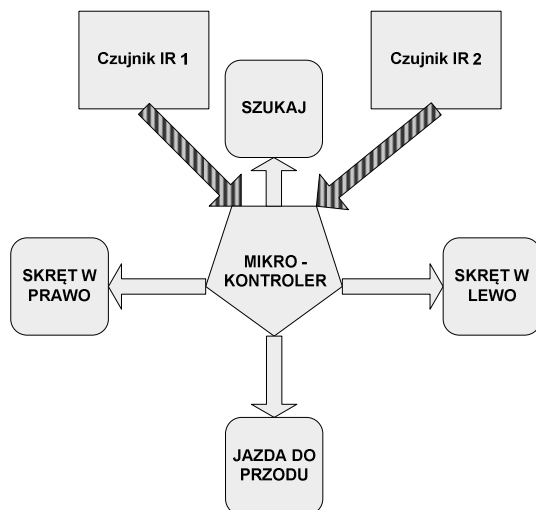
ne LTH-209-01) oraz od omawianych wyżej dwóch czujników podczerwieni GP2Y0A0YK. W zaimplementowanym algorytmie wykorzystujemy dane przez nie dostarczone, nie w sposób analogowy, lecz w sposób cyfrowy. Wynika to z ułatwienia implementacji algorytmu oraz możliwych zakłóceń czujników (w przypadku posiadania tego typu przez konkurencje).

4.1. Opis użycia danych sensorycznych w algorytmie sterowania

W algorytmie sterowania robotem mamy zaimplementowane cztery możliwości ruchu robota w zależności od danych sensorycznych:

- w przypadku braku przeciwnika (oba czujniki wskazują stan logiczny zero), robot obracając się w miejscu szuka przeciwnika. Odbywa się przez naprzemienne obroty w lewym oraz prawym kierunku;
- w przypadku stanu logicznego jeden na czujniku lewym a zera na czujniku prawym, robot również w miejscu skręca w lewo;
- analogicznie, gdy stan jedynki logicznej pojawi się na czujniku prawym, a zero na czujniku lewym, robot skręca w prawo wokół własnej osi;
- w przypadku wystąpienia stanów logicznych jeden na obu czujnikach, robot zaczyna jazdę do przodu w celu wypchnięcia przeciwnika z ringu (Rys. 2).

Powyższe przypadki w zupełności wystarczają do realizacji algorytmu wymaganego do spełnienia zadań robota podczas walk sumo.



Rys.19. Schemat wyboru akcji w zależności od stanu czujników

5. PODSUMOWANIE

W pracy niniejszej zbadano wybrane zagadnienia użycia czujników GP2Y0A0YK na podstawie ich właściwości zmian napięcia wraz ze zmianą odległości. Czujniki wybrano ze względu na ich powszechność w konstrukcjach robotów mobilnych (sumo) oraz dobry stosunek cena/jakość. Po przeprowadzeniu pomiarów i stwierdzeniu zgodności charakterystyki statycznej czujnika z charakterystyką producenta, zbadano charakterystyki dynamiczne. W wyniku badań uzyskano oscylogramy, na których widoczne zakłócenia i fluktuacje napięcia wskazują na małą dokładność sensorów. Wady te wykluczają stosowanie odczytu analogowego w algorytmie sterowania robotem. Poprawienie charakterystyk można uzyskać poprzez odpowiednie wzmocnienie oraz zastosowanie filtrów ograniczających zakłócenia. Kolejnym nasuwającym się wnioskiem jest konieczność stosowania wielu rodzajów czujników (np. oparte na emisji podczerwieni + ultradźwiękowe) w celu eliminacji błędnych odczytów. Powyższe wady zostały zminimalizowane poprzez cyfrowy odczyt stanów czujników, co umożliwiło poprawną realizację algorytmu sterowania autonomicznym robotem mobilnym oraz skuteczne działanie podczas walk robotów typu „sumo”.

LITERATURA

1. **DTR multimetru METEX M-3860D** – www.imetex.com
2. **DTR oscyloskopu Tektronix tds1002** – www2.tek.com
3. **DTR sensora GP2Y0A0YK** – www.sharpsme.com
4. **Słowik M. Ł.** (2009), *Projekt układu sterowania robotem do walk Sumo*, Praca magisterska, Politechnika Białostocka.

EXPERIMENTAL VERIFICATION OF PARAMETERS AND CHARACTERISTICS OF ROBOTIC RANGEFINDER

Abstract: Sensor equipment of autonomous mobile robot (AMR) significantly influence control process of robot. In the paper authors have surveyed sensors that can be applied to AMR. Infrared rangefinder GP2Y0A0YK is submitted to detailed examination. Measurement path was designed. In next step, static characteristics are examined and compared with those from data sheet given by producer. For dynamical research two sensors are installed on experimental mobile platform. Measurement signals and their mutual interfering for stationary and mobile obstacles were examined.