Zezwala się na korzystanie z artykułu na warunkach licencji Creative Commons Uznanie autorstwa 3.0

Konstrukcja robota turniejowego Mirror startującego w zawodach Mini Sumo

Tymoteusz Cejrowski, Mateusz Paczyński, Dawid Machala

Studenckie Koło Automatyków SKALP, Politechnika Gdańska

Streszczenie: W artykule zaprezentowano projekt budowy robota turniejowego, startującego w zawodach Mini Sumo. Omówiono założenia dyscypliny Mini Sumo oraz konstrukcję mechaniczną, algorytmy sterujące i elektronikę zawartą w robocie.

Słowa kluczowe: robotyka turniejowa, Mini Sumo, elektronika

DOI: 10.14313/PAR_204/66

1. Wprowadzenie

Ostatnia dekada przyniosła znaczące spopularyzowanie robotyki amatorskiej. O ile dawniej odległa wydawała się myśl, iż nie tylko studenci, ale także uczniowie szkół średnich z sukcesami będą mogli stawać w szranki na zawodach robotów, o tyle dzisiaj, na podstawie wielu różnych kursów internetowych, poradników i dyskusji na forach internetowych każdy chętny może skonstruować własnego, w pełni autonomicznego robota.

Wielu studentów zajmujących się automatyką i robotyką swoje pierwsze kroki stawia właśnie na tym polu. Najlepiej obrazuje to fakt, iż w okresie od października do czerwca roku akademickiego 2013/2014 odbywa się ponad 15 dużych turniejów w różnych miastach i regionach kraju. W 2013 r., w wyniku wspólnej inicjatywy organizatorów największych zawodów robotyki, powstała Polska Unia Robotyki Turniejowej (PURT), której celem statutowym jest dalsze propagowanie i popularyzowanie robotyki w Polsce. Zawodnicy mają okazję rywalizować w ogólnym rankingu, który jest tworzony na podstawie pojedynczych osiągnięć z poszczególnych zawodów.

W trakcie opisywanych zawodów bez wątpienia rzucą się w oczy konstrukcje walczące na czarno-białej planszy. Te niepozorne, 10-centymetrowe roboty startują w popularnej konkurencji Mini Sumo. Ich masa nie może przekraczać 500 g, a całość musi się zmieścić na kwadracie o wymiarach 10 cm × 10 cm. Zadaniem robota jest wypchnięcie przeciwnika poza okrągłą planszę o średnicy 77 cm. Dokonuje on tego autonomicznie, czyli na podstawie zaimplementowanych wcześniej algorytmów sterujących, bez stałej kontroli człowieka. Konstrukcja robota nie może zawierać urządzeń aktywnie zakłócających układy sterowania przeciwnika, zabronione jest także emitowanie gazów, cieczy czy też stosowanie miotaczy płomieni. Najprościej ujmując należy wypchnąć przeciwnika, a nie dążyć do jego zniszczenia.

Stosowane są dwa podstawowe sposoby rozpoczęcia walki. Dotychczas najczęściej roboty były ręcznie odpalane przyciskiem na znak sędziego. Metoda ta jest jednak niedoskonała, gdyż wymaga synchronizacji ruchów zawodników w celu eliminacji przedwczesnego startu jednego z robotów. Drugim, bardziej zaawansowanym i postulowanym rozwiązaniem jest start na sygnał wysyłany przez sędziego za pomocą pilota na podczerwień. Niezależnie od metody startu, roboty muszą w końcu rozpocząć walkę. Przegrywa ten, który jako pierwszy dotknie podłoża znajdującego się poza ringiem. Zwycięzca pojedynku jest wyłaniany po odniesieniu dwóch zwycięstw, co minimalizuje ryzyko przypadkowych wygranych. Przeciętna walka nie trwa dłużej niż 5–6 s. Wynika to ze stosowania coraz szybszych konstrukcji i doskonalszych algorytmów sterowania.

W artykule przedstawiona została konstrukcja robota Mini Sumo o nazwie Mirror, który poszczycić się może wieloma zwycięstwami w kraju i poza granicami, włącznie z zajęciem 3. miejsca na organizowanych co roku mistrzostwach Europy w Wiedniu.

2. Mechanika

W przypadku robotów Line Follower oraz Micro Mouse konstrukcja mechaniczna ma mniejsze znaczenie, natomiast w walkach robotów typu Mini Sumo dobra konstrukcja mechaniczna jest podstawą. Ostatnie lata pozwoliły zaobserwować intensywne zmiany w wyglądzie robotów, przypominające de facto wyścig zbrojeń. W początkowej fazie rozwoju robotyki turniejowej stosowane były proste konstrukcje, w których jako napęd wykorzystywano serwomechanizmy. Następnie dominowały konstrukcje wyposażone w specjalne klapki, w pierwszej fazie podniesione, by spełnić nałożone na wymiary wymagania (10 cm długości, 10 cm szerokości, dowolna wysokość). W chwili rozpoczęcia walki klapki opadały na ring i poruszały się pod niewielkim kątem, co ułatwiało podważenie robota przeciwnika, a następnie wypchnięcie go. Kolejny etap rozwoju nastąpił, gdy

w robotach zaczęto stosować szybkie silniki, umożliwiające uzyskanie prędkości ponad 1 m/s. Szybki atak, zanim klapki przeciwnika zdążyły opaść, oznaczał niemal pewną wygraną z bezbronnym przeciwnikiem. Wyjściem z tej sytuacji było zastosowanie klinów i widoczne zaostrzenie konstrukcji z jednej strony. W taki klin wyposażony jest robot Mirror.

Rys. 1. Rezultaty zastosowania klinu na przykładzie robota Mirror podważającego robota Enova
Fig. 1. Results of using a wedge on example of Mirror lifting other robot - Enova

Podczas kontaktu dwóch robotów istotny jest materiał, z którego wykonane są koła, gdyż muszą one zapewnić całej konstrukcji odpowiednią przyczepność. Jednocześnie zakazane jest stosowanie kół, które powodowałyby przylepienie się robota do podłoża. Przyjmuje się, że robot położony na kartce papieru i podniesiony nie może pociągnąć za sobą kartki. W robocie Mirror zastosowano silikon formierski o twardości 16 punktów w skali Shore'a, który dodatkowo zmiękczono. Ważną kwestią jest utrzymanie należytej czystości kół – wykonane z lepkich materiałów bardzo szybko się brudzą i tracą swoje właściwości. W celu zapewnienia optymalnej przyczepności robot jest czyszczony po każdej walce.

W robocie Mirror zastosowano dwa silniki prądu stałego marki Pololu – jedne z najpowszechniej stosowanych napędów w robotyce turniejowej. Wyposażone w przekładnię 30:1 pozwalają uzyskać prędkość obrotową równą 1000 obr./min i moment obrotowy o wartości 0,65 kg · cm (0,065 Nm) przy napięciu zasilania 6 V. W przypadku cięższych robotów, których masa jest bliska maksymalnej dopuszczalnej, jest to z pewnością wartość niewystarczająca. Stosuje się wówczas tzw. przewoltowywanie silników, które polega na podaniu napięcia zasilającego wyższego niż maksymalna wartość dopuszczalna. Zwiększa to jego osiągi, ale zarazem powoduje szybsze zużywanie się przekładni i szczotek w silniku. W przypadku konstrukcji Mirror postawiono na zmniejszenie masy robota, co umożliwia optymalne wykorzystanie mocy silnika. Jego masa wynosi 300 g, co – jak pokazuje doświadczenie – nie przekreśla szans na wygraną z cięższymi przeciwnikami.

3. Program

Wraz z opisywanym wyścigiem zbrojeń pod względem budowy mechanicznej, znacząco rozwinęły się także algorytmy sterujące. Jeszcze około trzy lata temu robot musiał jedynie odnaleźć przeciwnika i, nie tracąc go z zasięgu czujników, wypchnąć z maty. Roboty ustawiane były naprzeciw siebie, co dawało pewną przewagę zawodnikowi, który stawiał robota jako drugi. Postanowiono więc, że roboty powinny być kładzione względem siebie tyłem, co daje wiele możliwości wyboru strategii walki, w zależności od typu przeciwnika. Istnieje np. możliwość bezpośredniego ataku, doprowadzenia do odwrócenia się robota i poczekania, aż zbliży się przeciwnik. Można też podejmować próby okrążenia wroga. Zaimplementowanie możliwości wyboru taktyki walki znacząco zwiększa szanse na wygraną w walkach z różnorodnymi konstrukcjami, umieszczono ją więc w robocie Mirror. W przypadku opisywanego projektu zastosowano też algorytm zapobiegający utracie przyczepności kół (będący odpowiednikiem samochodowego ABS) oraz regulator PID sterujący prędkością silników.

Przy programowaniu kod Mirrora niemal w całości napisano w języku C, ze wstawkami asseblerowymi. Wykorzystano środowisko Eclipse z wgranymi dodatkowymi bibliotekami, pozwalającymi na wydajną obsługę mikrokontrolerów. Opracowany program umożliwia szybką zmianę parametrów robota, bez konieczności stosowania programatora.

4. Elektronika

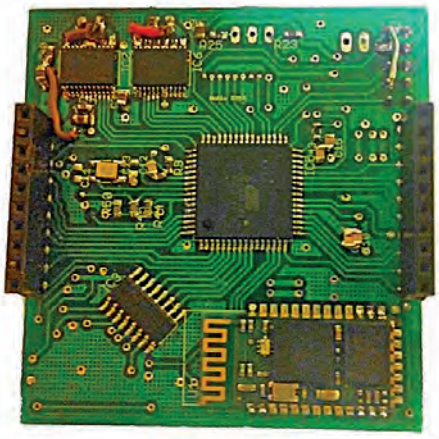
Mirror wyposażony jest w dwa typy czujników stosowanych w trakcie walk. Pierwszym rodzajem są czujniki służące do wykrycia krawędzi ringu. Zastosowano do tego celu dwie pary czujników odbiciowych KTIR0711S, zbudowanych z fotorezystorów i diod IR. W opisywanej konstrukcji sparowano je i umieszczono na przedzie robota. Powstała w ten sposób nadmiarowość sprzętowa jest wykorzystywana do eliminacji ryzyka, że robot zinterpretuje rysy na ringu bądź zabrudzenia jako brzeg maty, na której toczy się walka. Gwarantuje to poprawne wykonywanie algorytmów sterujących nawet na uszkodzonym polu walki.

Drugim rodzajem czujników są czujniki odległości, wykorzystywane do zlokalizowania przeciwnika na macie. W robocie Mirror zastosowano sześć czujników GP2Y0D340K firmy Sharp. Przemawia za nimi szereg zalet. Jedną z głównych są niewielkie wymiary elementu, które pozwalają na umieszczenie wielu czujników bez zwiększania wysokości robota. Jest to szczególnie cenne w kontekście projektowania konstrukcji, która musi spełniać ściśle określone kryteria wielkościowe. Kolejną zaletą zastosowanych czujników jest duży zasięg. Pozwalają one na wykrycie i obserwację obiektu z odległości ponad 40 cm, co – uwzględniając wielkość ringu – jest bardzo dobrym wynikiem. Czujnik wysyła ponadto skupioną wiązkę promieniowania podczerwonego, co umożliwia wykrycie obiektów czarnych oraz matowych i pozwala na

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

niemal pewne odnalezienie przeciwnika, niezależnie od stosowanych przez niego technik maskujących.

W konstrukcji zastosowano podział płytki drukowanej z elektroniką na dwie części. Pierwsza z nich zawiera opisywane wcześniej czujniki oraz stabilizator napięcia. Na drugiej umieszczono całą elektronikę sterującą – procesor, sterowniki silników i elementy komunikacji z użytkownikiem.



Rys. 2. Widok płytki drukowanej z układem sterowania opartym na mikrokontrolerze ATmega128
Fig. 2. A view of PCB with control system based on ATmega128 microcontroller

Główną jednostką obliczeniową robota jest procesor ATmega128. Zdecydowano się na ten procesor ze względu na dużą liczbę urządzeń peryferyjnych możliwych do podłączenia oraz stosunkowo łatwe programowanie mikrokontrolerów. Wybór ma jednak pewne wady – przede wszystkim szybkość pracy struktury jest niewystarczająca do obsługi bardziej skomplikowanych algorytmów predykcyjnych lokalizujących przeciwnika. Mikrokontroler taktowany jest za pomocą zewnętrznego rezonatora kwarcowego o częstotliwości pracy wynoszącej 16 MHz, co jest wartością zadowalającą w większości zastosowań.

Procesor wyposażony jest w sześć kanałów PWM, które wykorzystano do wysterowania sterownika silników. Sterownikiem jest popularny w robotyce turniejowej dwukanałowy układ TB6612 firmy Toshiba. Standardowo umożliwia on ciągły pobór prądu o wartości 1,2 A na kanał. W celu zwiększenia tej wartości zastosowano połączenie odpowiednich wyprowadzeń sterownika w układy mostka, co pozwoliło na podwojenie wydajności. Wiązało się to oczywiście z zastosowaniem dwóch mostków w konstrukcji robota.

Bardzo ważnym etapem projektowania robota było wybranie odpowiedniego źródła zasilania. Musi ono gwarantować zasilanie nie tylko całej opisanej elektroniki, ale też dwóch pobierających dużo prądu silników. Wybrano akumulator typu lipol firmy Dualsky o pojemności 300 mAh i napięciu pracy 7,4 V. Ma on wysoką gęstość energetyczną i może pracować pod wielkim obciążeniem prądowym, co jest szczególnie ważne w przypadku robota Mini Sumo. Mankamentem jest niewielka pojemność akumulatora – każdy z silników pracujący pod pełnym obciążeniem pobiera prąd 1,6 A, co przy uwzględnieniu obciążenia spowodowanego pracą elektroniki może doprowadzić do pobierania przez cały układ prądu 3,5 A. Przy takim poborze bateria starcza na około 5 min walk, dlatego należy często sprawdzać stopień naładowania baterii. Zaniedbanie tej czynności może doprowadzić do rozładowania i trwałego uszkodzenia pakietu. Konsekwencją rozładowania się akumulatora byłoby też przegranie walki.

Ostatnim elementem elektronicznej układanki jest część odpowiadająca za komunikację z użytkownikiem. W skład modułu wchodzą trzy elementy: wyświetlacz o rozdzielczości 84 × 48, uzyskany z telefonu Nokia 5110, panel ledowy i moduł bluetooth. Moduł wyświetlacza pełni funkcję interfejsu graficznego, który umożliwia

Studenckie Koło Automatyków SKALP

Studenckie Koło Automatyków SKALP działające przy Wydziale Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej za cele statutowe uznaje popularyzację robotyki i nowoczesnych technologii. Jego członkowie zajmują się szkoleniami z zakresu budowy robotów turniejowych i warsztatami z Lego Mindstorms dla uczniów liceów oraz organizują jedno z największych wydarzeń związanych z robotyką w Polsce – Trójmiejski Turniej Robotów. Pod opieką dra Stanisława Raczyńskiego SKALP prowadzi też prace badawcze związane z projektem autonomicznego robota, wykrywającego nieszczelności w instalacjach pneumatycznych.
Przynależność do Polskiej Unii Robotyki Turniejowej świadczy o wysokim poziomie organizowanych przez SKALP zawodów. Członkowie koła zdobyli także pierwsze i trzecie miejsce w kategorii Mini Sumo w Mistrzostwach Europy RobotChallenge. Do koła przynależą także zwycięzcy programu GE Foundation Scholar Leaders Program.

Dane kontaktowe:

Studenckie Koło Automatyków SKALP
Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki
Politechniki Gdańskiej
Katedra Systemów Automatyki, p. 550 EA
www.skalppg.pl
Prezes: Marta Pazderska
marta.pazderska@skalppg.pl, prezes.skalp@gmail.com
tel. 721 270 255

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

Rys. 3. Interfejs graficzny pozwalający na wybór strategii walki
Fig. 3. Graphical interface used to choose a strategy for a fight

wybór strategii walki robota, ustawianie czasu oczekiwania przed rozpoczęciem walką i wybór maksymalnej prędkości robota. Wyświetlane są na nim także informacje o stanie naładowania baterii. Panel led wykorzystywany jest do wyświetlania stanów poszczególnych czujników robota. Pozwala to na upewnienie się, że robot znajdujący się na miejscu startu wykrywa przeciwnika, umożliwia proste dobranie progu czułości czujników podłoża bez użycia programatora. Najważniejszą zaletą jest jednak ułatwienie analizy przebiegu walki. Zapalone diody informują, które czujniki wykrywają przeciwnika, ułatwiają późniejszą poprawę algorytmów sterujących. Komunikacja za pomocą modułu bluetooth jest obecnie implementowana, docelowo będzie wykorzystywana do przesyłania wartości odczytów ze wszystkich czujników do komputera w celu dalszej analizy. Zastosowanie własnoręcznie skonstruowanego członu komunikacji z użytkownikiem zaoszczędziło wiele pracy, ułatwiło programowanie i sterowanie robotem.

5. Podsumowanie

W artykule zaprezentowano rozwiązania projektowe, zastosowane przy budowie robota Mirror. Konstrukcja może zostać uznana za udaną, ponieważ od momentu powstania, robot wielokrotnie zdobywał miejsca na podium, zarówno na turniejach i zawodach w Polsce, jak i za granicą. Zastosowanie elementów ułatwiających analizę zachowań robota podczas walki umożliwiło optymalizację kodu i dostosowanie algorytmów sterujących do pojedynków z różnorodnymi przeciwnikami. Projekt jest wciąż rozwijany, trwają prace nad implementacją modułu bluetooth do komunikacji między robotem a komputerem.

Bibliografia

1. Kardaś M., *Mikrokontrolery AVR Język C Podstawy programowania* Wydawnictwo Atnel, Szczecin 2011.
2. Atmel Corporation: *ATmega128 Datasheet*, 2011.
3. [www.forbot.pl] - Forbot – portal internetowy poświęcony robotyce amatorskiej.

Construction of tournament robot Mirror taking part in Mini Sumo competition

Abstract: The article presents a project of tournament robot which participates in Mini Sumo competitions. The article explains rules of Mini Sumo competition and describes mechanical design, control algorithms and electronics used in the robot.

Keywords: tournament robotics, Mini Sumo, electronics

Artykuł recenzowany, nadesłany 17.01.2014 r., przyjęty do druku 03.02.2014 r.

Tymoteusz Cejrowski

Student II roku kierunku Automatyka i Robotyka na Wydziale Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej. Członek Koła Naukowego SKALP. Zainteresowania: robotyka, programowanie, elektronika, grafika komputerowa.

e-mail: tymoteusz.cejrowski@gmail.com

Mateusz Paczyński

Student III roku kierunku Automatyka i Robotyka na Wydziale Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej. Członek Koła Naukowego SKALP. Zainteresowania: robotyka, elektronika, programowanie, chemia, gra na pianinie. Konstruktor robota Mirror.

e-mail: matpaczy@gmail.com

Dawid Machala

Student III roku kierunku Automatyka i Robotyka na Wydziale Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej. Członek Koła Naukowego SKALP. Zainteresowania: robotyka, elektronika, programowanie, cyfrowe przetwarzanie sygnałów.

e-mail: machala.dawid@gmail.com