



KoNaR

KOŁO NAUKOWE ROBOTYKÓW

Robot mobilny klasy minisumo
„Pamiętka z Wakacji”
Dar iz Hrvati

Paweł Kaczmarek
Michał Pochna

Koło Naukowe Robotyków „KoNaR”
Wrocław, 26.10.2009r.

Spis treści

Od autorów	3
1. Cel	4
2. Konstrukcja nośna i pług	4
3. Napęd	7
4. Zasilanie	9
5. Elektronika	10
6. Czujniki	11
7. Program	13
8. Wnioski	14
9. Zdjęcia	14

Od autorów

Niniejsze sprawozdanie piszemy z myślą o przyszłych członkach Koła Naukowego Robotyków „KoNaR”, którzy również będą zmagali się z różnymi problemami podczas budowy swoich robotów minisumo. Dokument nie zawiera pełnego opisu budowy robota, lecz tylko wybrane, godne omówienia rozwiązania.

Z tego miejsca pragnęlibyśmy szczególnie podziękować Łukaszowi Tułaczowi i Janowi Kędzierskiemu, którzy powierzyli nam gotową konstrukcję nośną naszego robota, wspierali nas swoją wiedzą i doświadczeniem oraz nieustannie motywowali do wytrwalszej pracy, a także Karolowi Sydorowi, któremu jesteśmy wdzięczni za sprawdzenie wzoru płytki i konstruktywne uwagi co do niej.

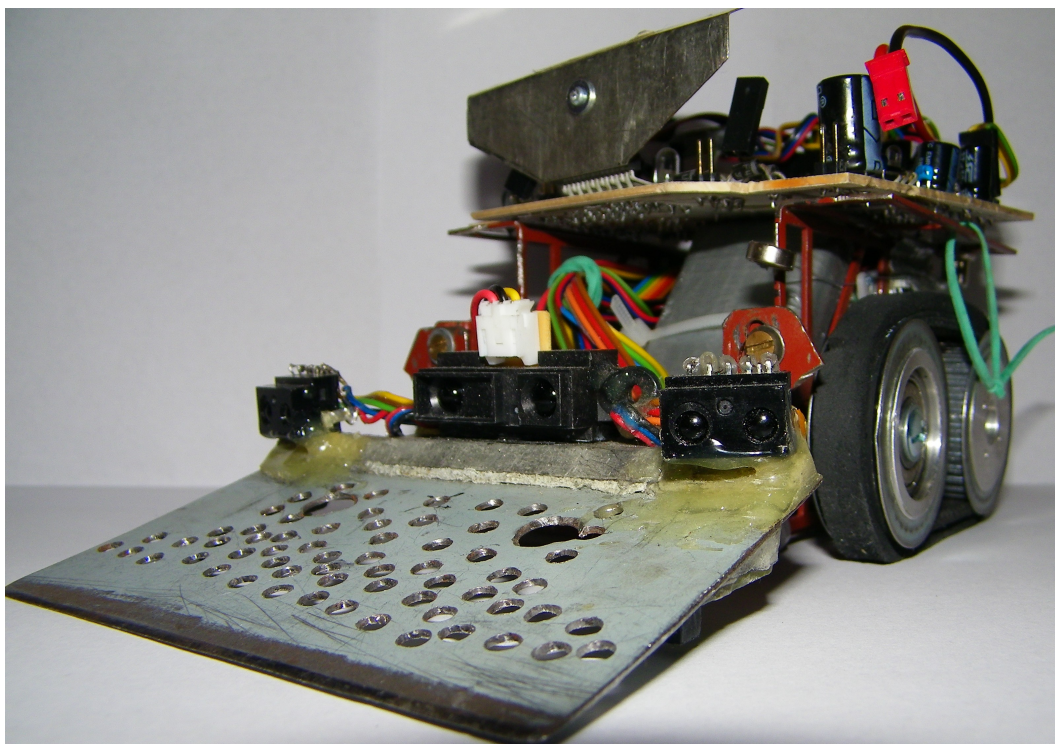
W razie jakichkolwiek pytań, przemyśleń, czy wątpliwości serdecznie zapraszamy do kontaktu z nami. Równocześnie będziemy niezmiernie wdzięczni za informacje wszystkim tym, którzy znajdą w tym dokumencie błędy, nieścisłości czy niezrozumiałe stwierdzenia.

Paweł Kaczmarek
GG: 4621400
163174.at.student.pwr.wroc.pl

Michał Pochna
GG: 7178835
michal.pochna.at.gmail.com

1. Cel

Celem projektu było zbudowanie w ciągu jednego miesiąca robota mobilnego klasy minisumo zdolnego wystartować w międzynarodowych zawodach RobotChallenge 2009 odbywających się we Wiedniu 21. marca 2009 roku. Prace trwały od połowy lutego do 20. marca. Zadanie było nietypowe, gdyż konstrukcja miała powstać na gotowym szkielecie (który Koło otrzymało w ramach współpracy z Chorwackim Stowarzyszeniem TERA) przystosowanym do napędu gąsienicowego opartym na serwomechanizmach klasy standard.



Zdjęcie 1: Pamiątka z Wakacji - widok ogólny

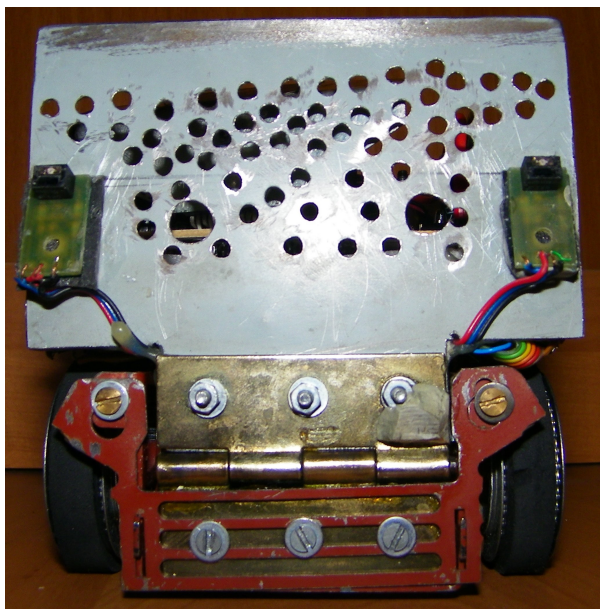
2. Konstrukcja nośna i pług

Zastosowanie gotowej konstrukcji nośnej znacznie uprościło proces budowy części mechanicznej robota, lecz jednocześnie narzuciło wiele ograniczeń. Metalowy szkielet miał długość bardzo bliską regulaminowym 10cm (początkowo jednak nie spełniał wymogów dotyczących wymiarów, lecz przy pomocy precyzyjnej szlifarki przystosowano go standardów), co wykluczyło użycie tradycyjnie wykonanego pługu.

Pomysłem na rozwiązanie tego problemu był pług rozkładany po starcie. Wykonany został z blachy stanowiącej obudowę zasilacza komputerowego (jest ona wystarczająco twarda, a jednocześnie ma akceptowalną wagę), przyciętej w taki sposób, aby możliwe było chowanie pługa bez zahaczania o elementy konstrukcji nośnej.

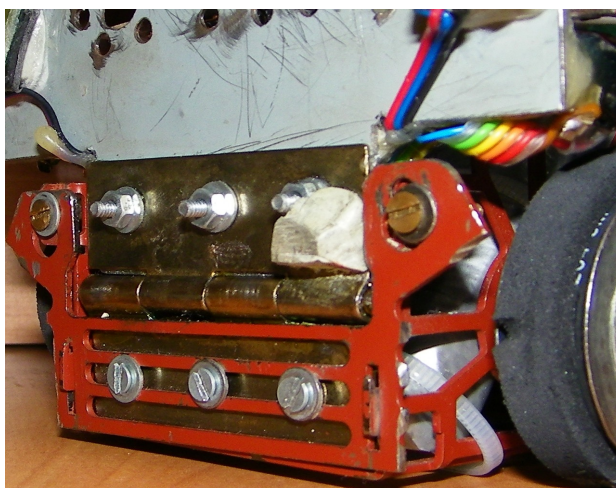
Pług został połączony ze szkieletem robota za pomocą zawiasu od szafki, który został starannie wybrany spośród wielu rodzajów – użyty w robocie pasował idealnie do ramy robota, a także wyróżniał się stosunkowo niewielką wagą.

Zarówno zawias do konstrukcji nośnej, jak i pług do zawiasu przymocowano przy pomocy śrub M2.5. By pług mógł płynnie i szybko opadać należało spiłować trzpień znajdujący się wewnątrz zawiasu. Co prawda spełniło to swoje zadanie, jednakże prostszym rozwiązaniem byłoby dobranie i dopasowanie pręcika lub gwoźdźca o odpowiedniej średnicy (równomierne spiłowanie trzpienia okazało się być zadaniem trudnym i czasochłonnym). Praktycznie przed samymi zawodami w pługu nawiercono dużą liczbę otworów, dzięki którym robot jest dużo lżejszy (wcześniej gotowy robot ważył powyżej 530 gramów), co jednak nie zmniejszyło jego właściwości bojowych.



Zdjęcie 2: Pług i zawias od szafki

Budując robota z długim rozkładanym pługiem – jak w Pamiętce z Wakacji – należy zadbać, by w sytuacji, gdy robot jest na skraju ringu jego pług nie opadał na zewnętrzne dohyo, powodującym tym samym przegranie walki. Problem ten udało się rozwiązać w bardzo prosty sposób poprzez dodanie wypustki (została ona wykonana za pomocą masy dwuskładnikowej Poxilina) na mocowaniu pługu, która powoduje, że ten może opaść tylko nieznacznie bardziej, niż wtedy, kiedy jest oparty o ring.



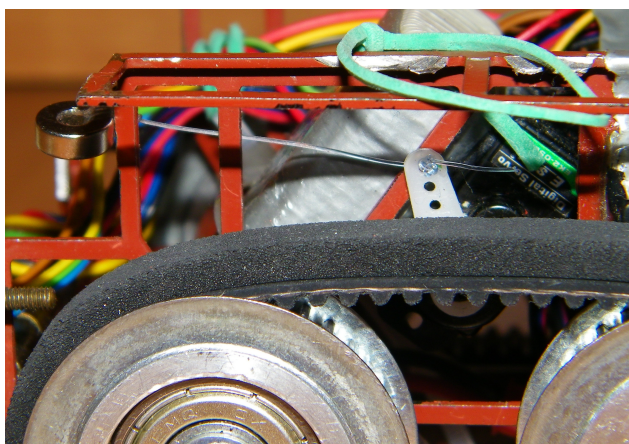
Zdjęcie 3: Wypustka z masy dwuskładnikowej

Najtrudniejszym zadaniem związanym z tym etapem budowy był mechanizm odpowiedzialny za podtrzymywanie i opuszczanie pługu. Pierwszym pomysłem było zastosowanie elektromagnesu, który będzie wyłączany po regulaminowych pięciu sekundach (pług miał opadać dzięki swojej bezwładności). Pomysł został jednak odrzucony z tego względu, że wszystkie znalezione elektromagnesy – które można by zastosować w tej klasie robotów – były zdecydowanie za słabe, by utrzymać w pionie pług robota, a przyłączenie do pług dodatkowego magnesu neodymowego również nie zmieniło sytuacji. Szybkie opadanie pługu w naszej koncepcji zapewnione miało być przez kable podłączone do czujników, które „odpychały” pług od konstrukcji nośnej – do utrzymania pługu w pionie potrzebna była zdecydowanie większa siła.

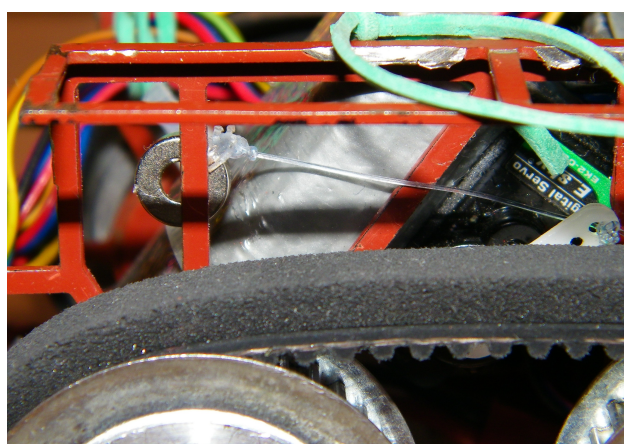
Kolejna koncepcja zakładała wykorzystanie małego magnesu i serwomechanizmu klasy micro. Magnes przytwierdzony na stałe do górnej części ramy robota przytrzymywał pionowo pług, który był odciągany w dół poprzez linkę przymocowaną do orczyka serwa, puszczonej pod robotem i przymocowaną do spodu pług. Niestety okazało się, że microserwo o momencie 1 kg*cm okazało się zdecydowanie zbyt słabe, by oderwać pług od magnesu.

Problem udało się ostatecznie rozwiązać również za pomocą tych samych elementów, co podczas drugiego podejścia, lecz wykorzystanych w nieco inny sposób. Przed startem mały, lecz bardzo mocny neodymowy magnes (ich spory wybór można znaleźć w sklepie elektronicznym Axel na ulicy Dworcowej) przymocowany jest do orczyka serwa za pomocą napiętej żyłki oraz przyłożony do pług. Po regulaminowych pięciu sekundach serwo obraca się w kierunku ruchu wskazówek zegara, odrywając tym samym magnes od pług, który opada pod naporem kabli i własnego ciężaru.

W czasie walk, w których opadanie pług zadziałało poprawnie, było ono zawsze wystarczająco szybkie (w chwili startu robot dodatkowo cofa się by zmniejszyć czas opadania pług). Niestety parokrotnie zdarzyło się, że magnes zahaczał o konstrukcję nośną i pług nie opadał, co zwykle kończyło się przegraną walką. Błędem, jaki popełniono, było wymontowanie elektroniki serwa i sterowanie go jak zwykłym silnikiem z przekładnią za pomocą tranzystora, który przewodził przez pół sekundy po starcie. Zastosowanie sterowania poprzez zadanie pozycji serwa sygnałem PWM z pewnością zmniejszyłoby liczbę zablokowań (serwo miałoby



Zdjęcie 4: Położenie serwa przed startem...



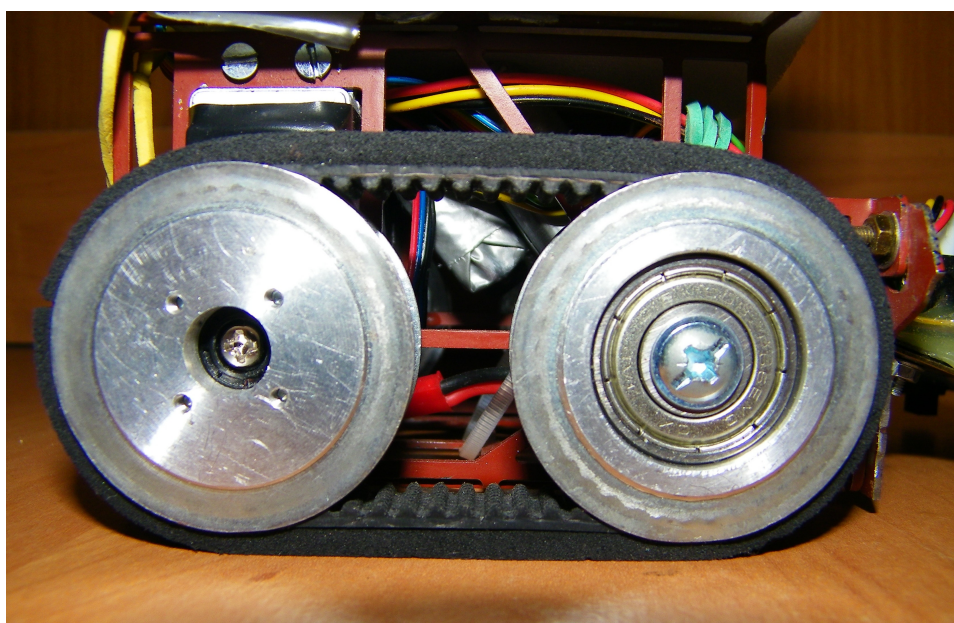
Zdjęcie 5: ... i po

jeszcze możliwość odciągnięcia magnesu z opóźnieniem), lecz niestety ograniczenia czasowe nie pozwoliły na przeprojektowanie płytki i podłączenie serwomechanizmu do wyjścia PWM mikrokontrolera lub napisanie własnego, programowego PWM.

Na koniec dodać należy, że mimo sporej skuteczności opisanego rozwiązania, było ono odrobinę uciążliwe, ze względu na sporą ilość czasu, jaką trzeba było poświęcić na przygotowanie robota do każdej walki. Za pomocą małego wkrętaka należało ustawiać odpowiednią pozycję orczyka serwa, a następnie przyciągać nim magnes do pługu robota. Jednak należy stwierdzić, że przy odrobinie wprawy, składanie pługa przebiegało sprawnie, a samo rozwiązanie spisywało się całkiem dobrze.

3. Napęd

Jak zaznaczono w pierwszym punkcie, konstrukcja mechaniczna została stworzona pod napęd gąsienicowy – z tyłu ramy nośnej znajdują się dwa prostokątne otwory do montażu serwomechanizmów typu standard, natomiast w przedniej części umiejscowione są dwie półośki. Konstrukcję tę byłoby bardzo trudno przystosować do prostszego w realizacji napędu dwukołowego.



Zdjęcie 6: Układ napędowy robota

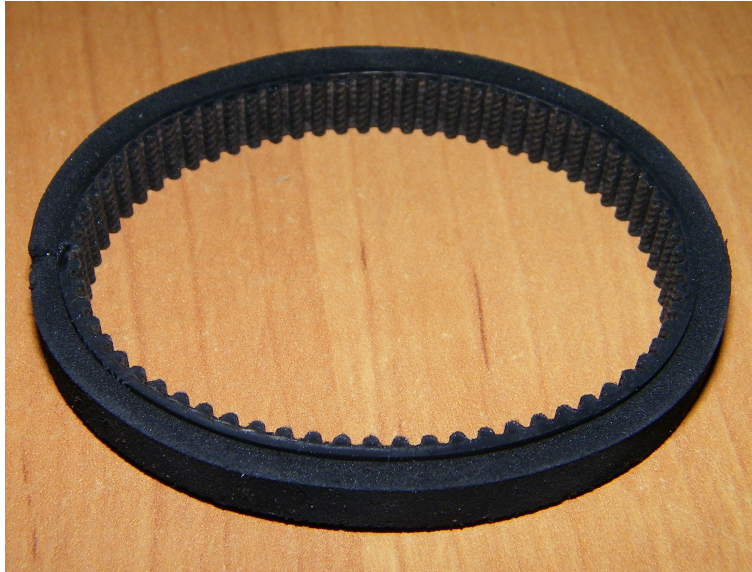
Pamiętka z Wakacji napędzana jest dwoma serwomechanizmami Hitec HS 325 HB typu standard, umieszczonymi w przygotowanych otworach. Zamocowano na nich małe, okrągłe orczyki, do których miały być przymocowane koła zębate. W tym celu orczyki zostały odpowiednio rozwiercone, by można było wkręcić w nie cztery śruby 2mm. Na wspomniane wcześniej półośki nałożono koła zębate z wbitymi w nie łożyskami, redukującymi powstające tarcia.



Zdjęcie 7: Koła zębate, od lewej: oryginalne, przystosowane do orczyka, łożyskowane

Dużym problemem okazało się znalezienie odpowiednich gaśienic do robota. Początkowo rozważano wykorzystanie gotowych elementów z zabawkowych modeli czołgów. Pomysł ten odrzucono szybko, ze względu na duże trudności związane z dopasowaniem i trwałym ich zamontowaniem. Z kolei wykonanie własnych gaśienic (na przykład w oparciu o łańcuch rowerowy czy pasek klinowy) również okazało się niemożliwe, przede wszystkim z braku czasu. Ostatecznie zdecydowano się na użycie profesjonalnie wykonanych pasków zębatach z tworzywa sztucznego oraz dedykowanych dla nich kół zębatach. W Internecie znaleźć można kilka firm, które oferują zaprojektowanie i wykonanie wszelakich przedmiotów z metalu i tworzyw sztucznych, lecz niestety żadna z nich nie realizuje tak niewielkich zamówień. Okazało się jednak, że w ofercie sklepu Akcesoria CNC znajdują się paski zębate z neoprenu o szerokości 9mm, idealnie nadające się na gaśienice. Do pasków dokupiono również koła zębate, które spełniały wymagania co do wymiaru i dopasowania do pasków, jednakże zupełnie nie nadawały się do połączenia z orczykiem serwa lub zamocowaniem na łożysku. Z braku narzędzi niezbędnych do przeróbek zdecydowano się na skorzystanie z usług tokarza, który wyciął odpowiednie otwory na orczyki, łożyska oraz do przykręcenia zębatek do serw. Te ostatnie dodatkowo zostały nagwintowane, dzięki czemu można było zrezygnować z nakrętek dociskających zębatkę do orczyka.

Zastosowane koła zębate posiadają specjalne kryzy, uniemożliwiające przypadkowe zsuniecie się paska w trakcie walki. Wymusiło to jednak doklejenie na paskach dodatkowej warstwy materiału, by miały one kontakt z podłożem. Do tego celu wykorzystano mikrogumę, której warstwa delikatnie uniosła robota, a jednocześnie nadała mu bardzo dużą przyczepność. Połączenie neoprenu z mikrogumą wykonano przy pomocy kleju Kropelka, co okazało się wystarczająco mocnym rozwiązaniem, a same paski nie straciły swojej elastyczności.



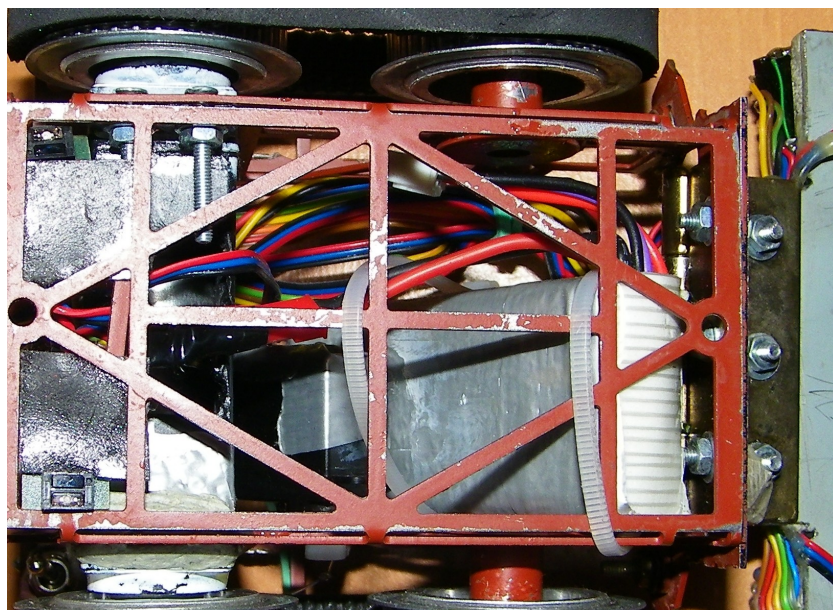
Zdjęcie 8: Pasek zębaty z naklejoną mikrogumą

Duża powierzchnia styku robota z podłożem i bardzo dobry materiał na gąsienicach sprawiły, że robot był bardzo trudnym do zepchnięcia przeciwnikiem. Jednakże zauważono, że paski z neoprenu ulegają stopniowemu, delikatnemu rozciąganiu, co w oczywisty sposób rzutuje na pogorszenie się właściwości bojowych. Wydaje się, że dobrym pomysłem byłoby zastosowanie napinaczy do gąsienic, których nie użyto w Pamiętce z Wakacji z powodu braku czasu, a także nieprzystosowania konstrukcji mechanicznej.

4. Zasilanie

Pamiętka z Wakacji zasilana jest pakietem dwóch ogniw litowo-polimerowym o napięciu znamionowym 7,4V i pojemności 1200mAh. Mimo początkowych obaw dotyczących konieczności częstego ładowania pakietu, robot mógł stoczyć kilka walk pod rząd bez zauważalnego spadku napięcia na akumulatorze.

Wręcz karygodnym błędem było przymocowanie microserwa przytrzymującego pług na stały do baterii, co praktycznie uniemożliwia jej wymianę podczas zawodów., czego przykładem jest sytuacja z RobotChallenge2009, kiedy to podczas jednej z walk drugiej rundy napięcie akumulatora spadło poniżej bezpiecznej granicy 5,8V. Brak możliwości szybkiego doładowania baterii spowodował przegranie kilku następnych pojedynków praktycznie bez walki. Idealnym rozwiązaniem wydaje się przypięcie akumulatora w łatwo dostępnym miejscu za pomocą plastikowych pasków zaciskających, gwarantujących dobre mocowanie baterii, przy jednoczesnej możliwości szybkiej jej wymiany na nową.



Zdjęcie 9: Bateria owinięta szarą taśmą z przyklejonym mikroserwem

5. Elektronika

Do sterowania robotem wykorzystano płytkę przygotowaną przez Koło Naukowe Robotyków na potrzeby cyklu artykułów o budowie minisumo w miesięczniku Komputer Świat Ekspert.

Zastosowano w niej mikrokontroler AVR Atmega8. Dostosowano ją jednakże do konkretnych potrzeb.

Usunięte zostało gniazdo sonaru ultradźwiękowego, a na jego miejsce wstawiono dwa miejsca do podłączenia cyfrowych czujników Sharpa. W związku z tym na płytce dodano rezystory i kondensatory wymagane do poprawnej obsługi czujników. Usunięty został również jeden wtyk Sharpa analogowego.

Do obsługi serwa podtrzymującego pług przy starcie dodano również układ sterujący z tranzystorem pnp.

Dla lepszej kontroli nad zachowaniem się czujników dodano kilka diod sygnalizujących, wykorzystując pozostałe wolne wyprowadzenia mikrokontrolera. Dodatkowo poprawiono niektóre linie zasilające – znacznie poszerzono większość ścieżek masy, linie zasilania silników i mostka H.

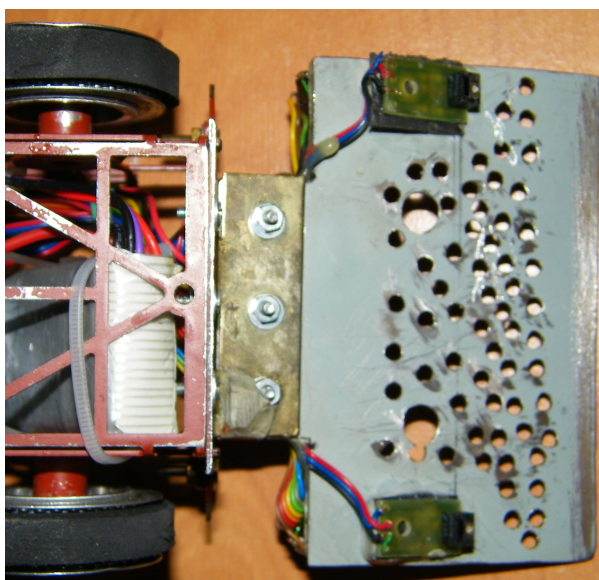
6. Czujniki

6.1. Czujniki białej linii

W robocie zastosowano 4 czujniki białej linii z oferty sklepu ARE.net. Użycie tych czujników podyktowane było przede wszystkim ich stosunkowo niewielkimi rozmiarami, jak również kształtem idealnie pasującym do robota. Czujniki – pomijając obudowę z diodą i fototranzystorem – są płaskie, dzięki czemu były dość łatwe do zamontowania.

Tylnie czujniki przymocowano po prostu na taśmę dwustronną do ramy robota. Więcej problemów przysporzyły przednie czujniki. Zamontowanie ich z przodu szkieletu nośnego zostało szybko odrzucone jako zbyt ryzykowne – robot w najgorszym wypadku wyjeżdżałby nawet całym pługiem poza ring, co – w wypadku dotknięcia przezeń zewnątrz ringu – byłoby przyczyną przegranej walki. Poza tym robot, ze względu na swoją niedużą prędkość poruszania się, mógłby mieć problemy ze względnie sprawnym odwróceniem się w stronę środka ringu, co czyniłoby go bardziej podatnym na ataki przeciwnika.

W związku z powyższymi uwagami zdecydowano się na umieszczenie czujników na pługu oraz jak najbardziej możliwe wysunięcie ich w przód. Do ustawienia czujników równoległe względem podłoża wykorzystano dwuskładnikową masę do szybkich technicznych napraw. Ustawienie czujników równoległe do podłoża było stosunkowo proste, dużo problemów sprawiło natomiast ustawienie ich w tej samej odległości od powierzchni ringu. W trakcie testów okazało się, że nawet niewielka zmiana ustawienia wysokości nadajnika/odbiornika od powierzchni ringu powoduje dość znaczną różnicę sygnału wyjściowego, co mogło być przyczyną niepoprawnego działania robota – czujniki na różnych wysokościach spowodowałyby to, że robot jednym czujnikiem wykrywałby białą linię, z kolei drugim – już nie.

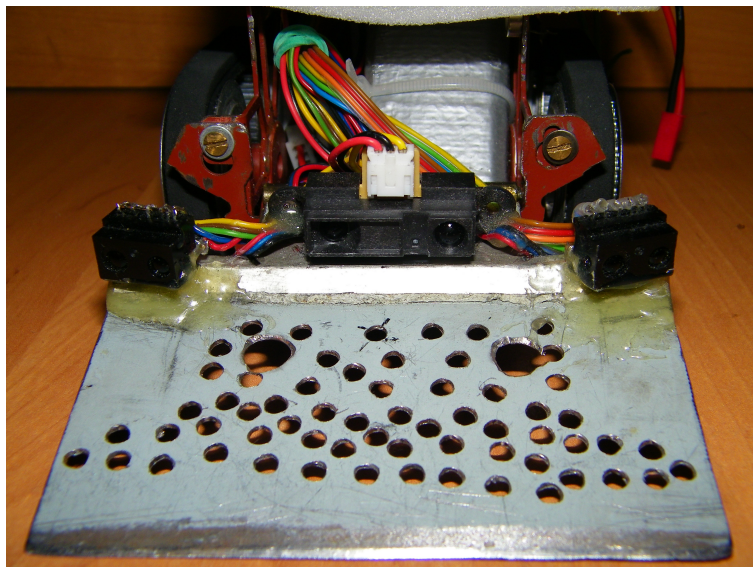


Zdjęcie 10: Umiejscowienie przednich czujników białej linii

Do równego ustawienia czujników wykorzystano linijkę, ołówek, suwmiarkę oraz woltomierz. Na pługu narysowano linię równoległą do krawędzi pługa i do niej równano czujniki. Mając tak ustawione czujniki suwmiarką mierzono prześwit między nadajnikiem/odbiornikiem a podłożem, równocześnie sprawdzając napięcia na wyjściach obu czujników. Uzyskano tym sposobem zupełnie zadowalający rezultat ustawienia, który nie sprawiał żadnych problemów podczas zawodów. Jedyne mankament takiego umieszczenia czujników ujawniał się wtedy, gdy podczas startu nie opadał pług robota – nie był on w stanie wykryć białej linii przednimi czujnikami i był bardzo łatwym celem do zepchnięcia. Na szczęście sytuacja ta zdarzała się bardzo rzadko (podczas zawodów RobotChallenge2009 na ok 15 walk – raz)

6.2. Czujniki wykrywania przeciwnika

Do wykrywania przeciwnika na dohyo wykorzystano dwa czujniki firmy Sharp, które zamontowano na odpowiednio wygiętej podpórcie, przyklejonej do pługa dwuskładnikową spoiną montażową.



Zdjęcie 11: Widok z przodu - czujniki

GP2Y0D340

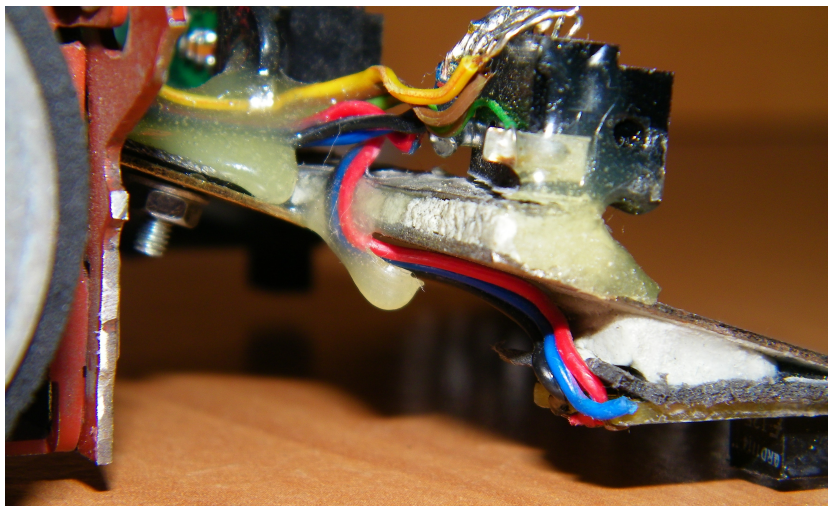
Głównym czujnikiem do lokalizacji przeciwnika jest Sharp (symbol czujnika). Użycie tego czujnika podyktowane było możliwością uzyskania odległości przeszkody od czujnika w funkcji napięcia, ale przede wszystkim – czujnik posiada poszerzoną wiązkę podczerwieni, dzięki czemu robot ma zdolność wykrywania również niskich przeciwników. Podczas prób zamocowania przeprowadzono szereg testów, które pozwoliły na optymalne umiejscowienie czujnika na pługu – wiązka jest puszczona możliwie nisko, lecz mimo tego udało się wyeliminować potencjalną możliwość wykrywania podłogi, co skutkowałoby zafałszowaniem wyników pomiarów.

GP2Y0D340

Czujnikami odpowiedzialnymi za szukanie przeciwnika są Sharpy cyfrowe. Zastosowano je głównie ze względu na ich niewielkie wymiary, które bardzo dobrze wpasowały się w ograniczoną ilość miejsca na pługu. Dodatkowym atutem tych czujników jest ich szybkość – odczyty co 6ms, dzięki czemu można było mieć pewność, że przeciwnik, znajdujący się choć chwilę w zasięgu działania czujnika, nie pozostanie niezauważony.

Minusem czujnika, który brano od początku pod uwagę (czujnik zastosowany został w poprzedniej konstrukcji klasy minisumo „Druciarz”), jest niewątpliwie wręcz punktowa wiązka podczerwieni, co może stwarzać problemy powstawania tzw. „martwych stref” i gubienia przeciwnika. Problem ten wyeliminowano poprzez eksperymentalne dobranie kąta odchylenia czujników

od osi czujnika analogowego – kąt ten został dobrany na tyle duży, że zostało zapewnione szerokie pole widzenia robota, przy jednoczesnej eliminacji „martwych stref” między polem działania czujnika analogowego a cyfrowych – przeciwnik przemieszczający się od jednego do drugiego pola w pewnym momencie znajduje się w obu.



Zdjęcie 12: Mocowanie czujników

Podczas montażu czujników natrafiono na duży problem związany z okablowaniem. Umieszczenie rezystora i kondensatora – wymaganych do zapewnienia poprawnej pracy czujnika – na płytce z elektroniką skutkowało tym, że do podłączenia czujnika należało użyć aż sześciu przewodów, przez co wystąpił duży problem z płynnym zamykaniem i otwieraniem pług. Problem rozwiązano zginając odpowiednio przewody i przyklejając je na klej epoksydowy do pług. Wynikiem dużej ilości kabli była ogromna ich wiązka biegnąca pod płytką z elektroniką do wtyków. Jednak to okazało się bardzo pomocne – tak duża liczba kabli, ściśnięta gumką recepturką, oraz odpowiednio ułożona wewnątrz robota świetnie wypychała pług po odciągnięciu magnesu. Używając tego czujnika, należy jednak przygotować go według raportu Karola Sydora <http://www.konar.pwr.wroc.pl/uploads/download/raporty/sharp1.pdf> , co pozwoli zredukować ilość kabli.

7. Program

W projekcie wykorzystano program Koła Naukowego Robotyków „KoNaR”, który dostosowano do potrzeb tej konstrukcji, dodano obsługę dwóch czujników cyfrowych, jednego analogowego, oraz opuszczanie pług przy pomocy microserwa.

Z racji tego, że robot jest dość wolny, w algorytmie szukania postawiono nie na objeżdżanie całego ringu, a raczej na jak najsprawniejsze „omiatanie” czujnikami obszaru dohoyo. Kluczowym ruchem, który wykonuje robot podczas startu jest łuk zataczany od lewej do prawej, podczas którego szybko przeczesuje spory obszar ringu przed sobą. Dawało to, w połączeniu z prawidłowym ustawieniem robota, duże możliwości na wykrycie przeciwnika bez zbędnego jeżdżenia po ringu, co w przypadku szybszych przeciwników mogło być bardzo niebezpieczne.

8. Wnioski

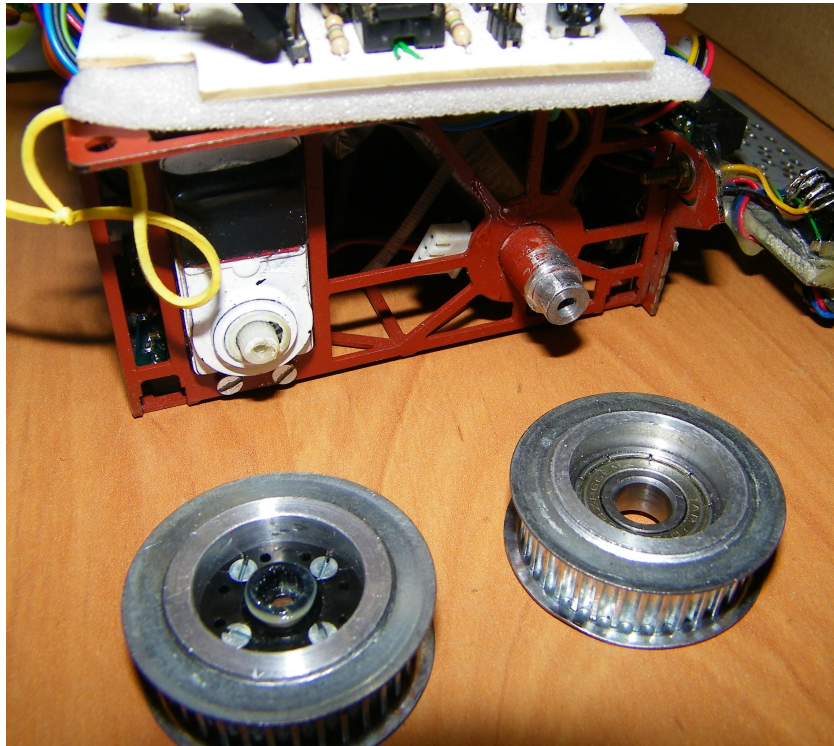
Podczas zawodów RobotChallenge okazało się, że robot jest dość wolny w porównaniu z innymi startującymi w eliminacjach. Braki w szybkości były jednak rekompensowane przez nietypowy układ napędowy. Dobrze dopasowane i napięte gąsienice, pokryte czystą mikrogumą okazały się dużą przeszkodą dla przeciwników – robot miał doskonałą przyczepność. Dodatkowym atutem był naostrzony i dobrze dolegający do podłoża pług, który również dobrze spełniał swoje zadanie.

Oczywiście nie udało się ustrzec przed błędami i nieoczekiwanymi sytuacjami. Sporadycznie pług nie otwierał się, przez co robot nie widział przeciwnika, co skutkowało albo łatwą przegraną, albo – co ciekawe – zepchnięciem przeciwnika, który wjechał w Pamiętkę jadącą do przodu „na oślep”. Również przymocowanie baterii na stałe do robota nie było najlepszym pomysłem – uniemożliwia to szybką podmiianę rozładowanej na świeżo naładowaną między walkami, co zmniejsza skuteczność robota.

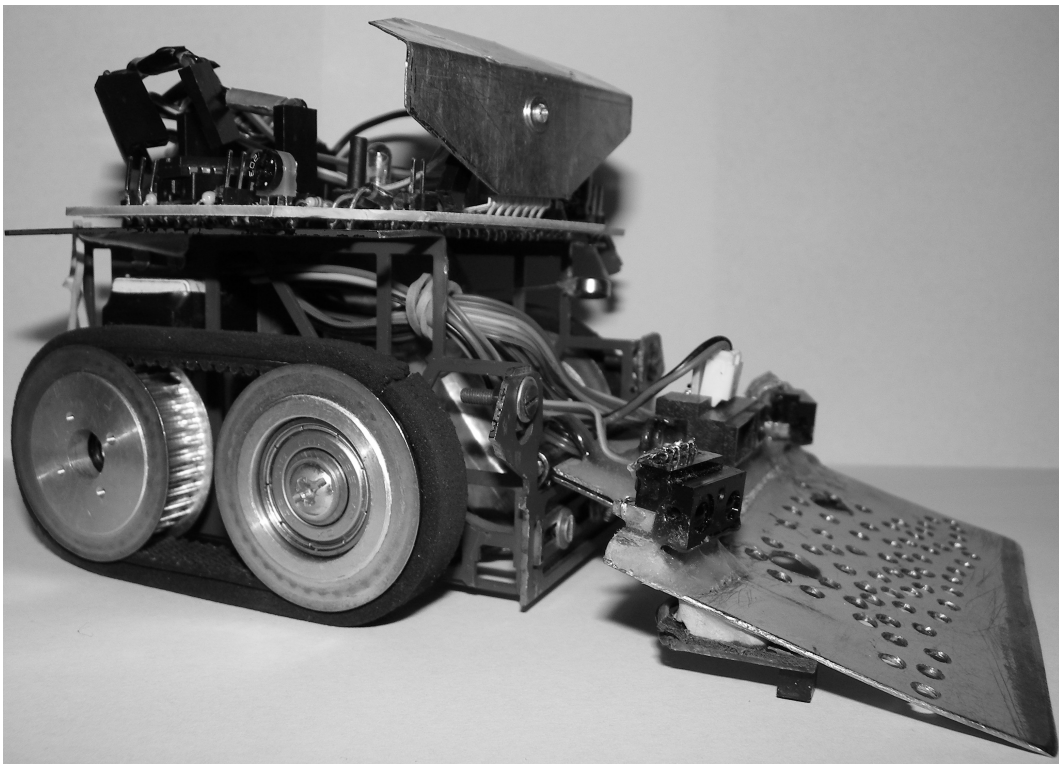
9. Zdjęcia



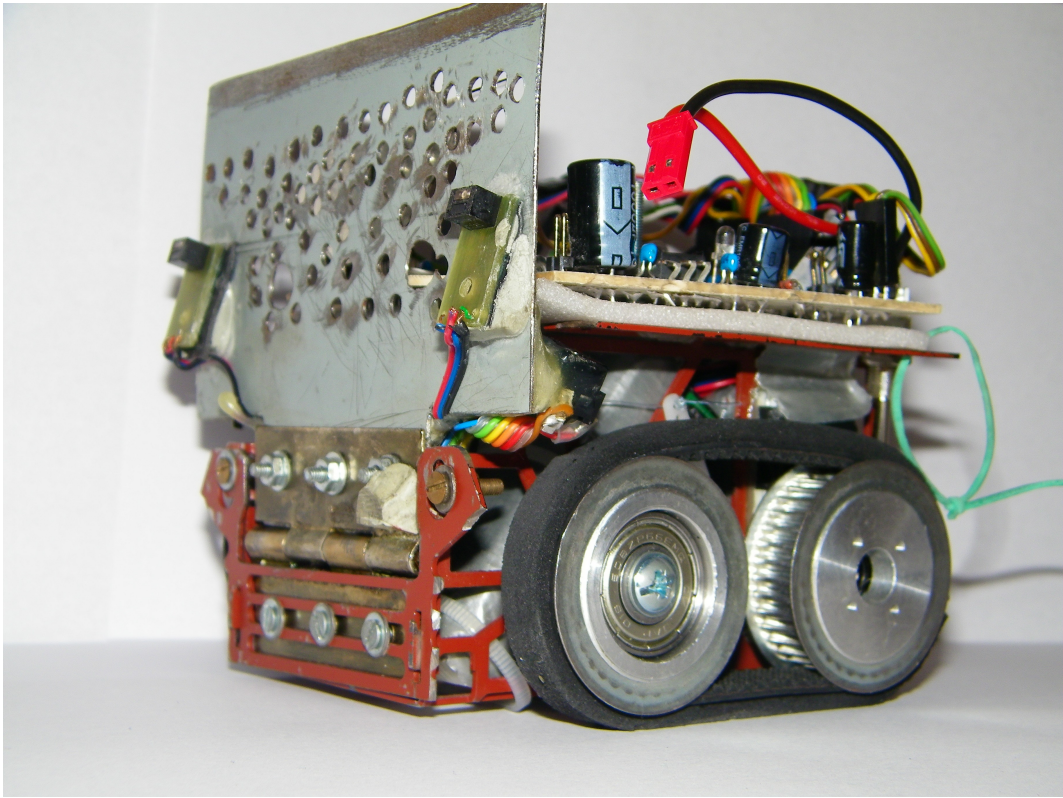
Zdjęcie 13: Oryginalna zębatka, oraz przerobiona z zamocowanym orczykiem



Zdjęcie 14: Koła zębate przed zamocowaniem



Zdjęcie 15: Zdjęcie retro :)



Zdjęcie 16: Robot ze złożonym pługiem