



# KoNAR

KOŁO NAUKOWE ROBOTYKÓW

---

Raport z budowy robotów minisumo  
Łowicz i Zaraz

---

Mirela Frontkiewicz  
Adam Pyka

Wrocław 2009

# Spis treści

<b>1</b>	<b>Wstęp</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Konstrukcja robota</b>	<b>3</b>
2.1	Pług . . . . .	3
2.2	Napęd . . . . .	4
2.3	Czujniki . . . . .	5
2.4	Zasilanie . . . . .	8
<b>3</b>	<b>Sterowanie robotem</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Wnioski po zawodach, planowane zmiany</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Wprowadzone modyfikacje</b>	<b>10</b>

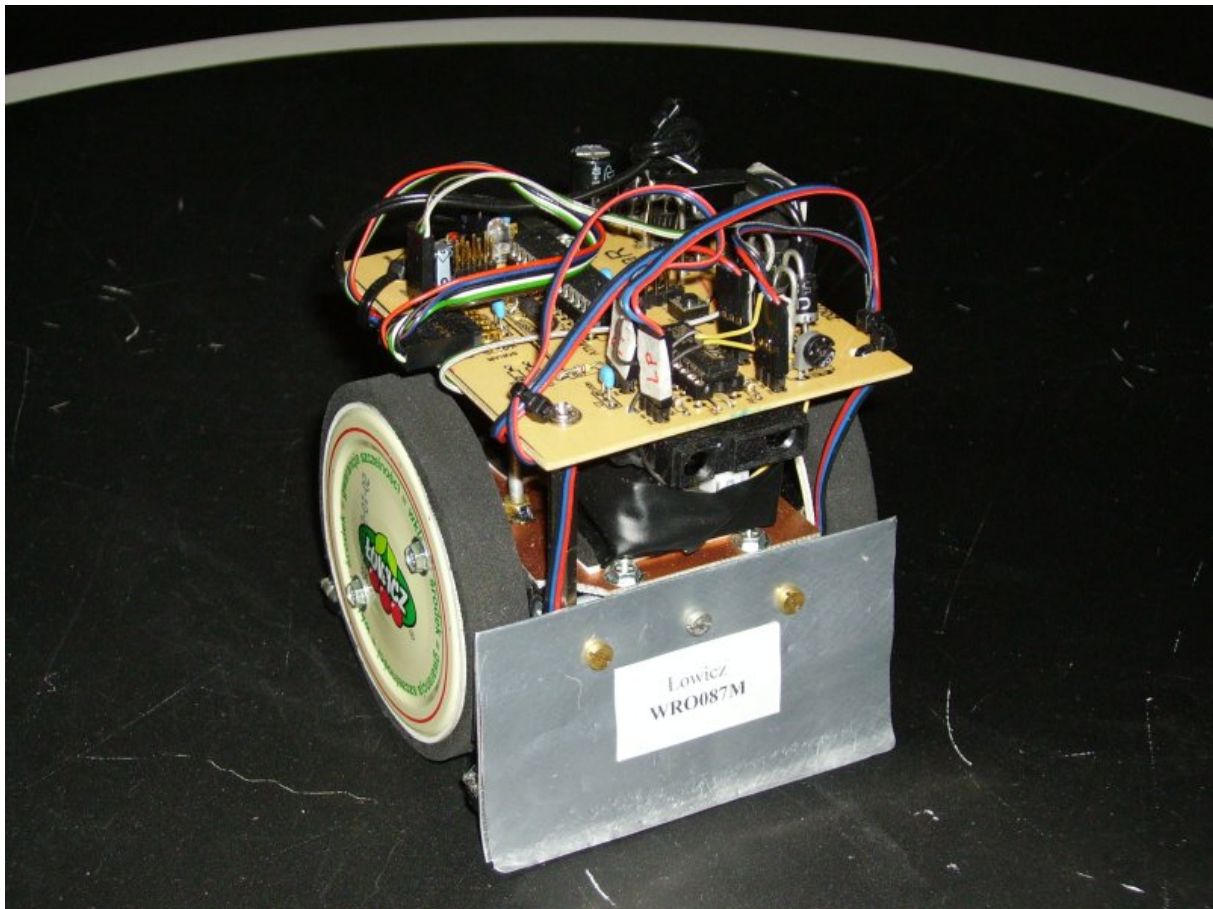
## Prolog

Pisanie raportu rozpoczęliśmy zaraz po zawodach, jednak ostatecznie zajęło nam to więcej czasu, niż sama budowa obu robotów ;) Podczas pisania raportu doszliśmy do wniosku, że raport ukończymy po wykonaniu zaplanowanych zmian, potem dokonywaliśmy zmiany a potem... Wreszcie udało nam się go ostatecznie skończyć. Mamy nadzieję, że nasze doświadczenia z budowy pierwszych robotów pomogą tym najbardziej początkującym w budowie ich własnych konstrukcji.

Dziękujemy wszystkim, którzy przyczynili się do powstania naszych pierwszych robotów: mamie, tacie, Kołu Naukowemu KoNaR za warsztaty, a w szczególności Jankowi Kędzierskiemu (Jankowi z KoNaRu ;) za pomoc w rozwiązywaniu naszych “skomplikowanych” problemów (zwłaszcza dzień przed zawodami) i motywację ;). Serdecznie dziękujemy również Robertowi Budzińskiemu, za zmobilizowanie do ukończenia raportu - wreszcie ;P

## 1 Wstęp

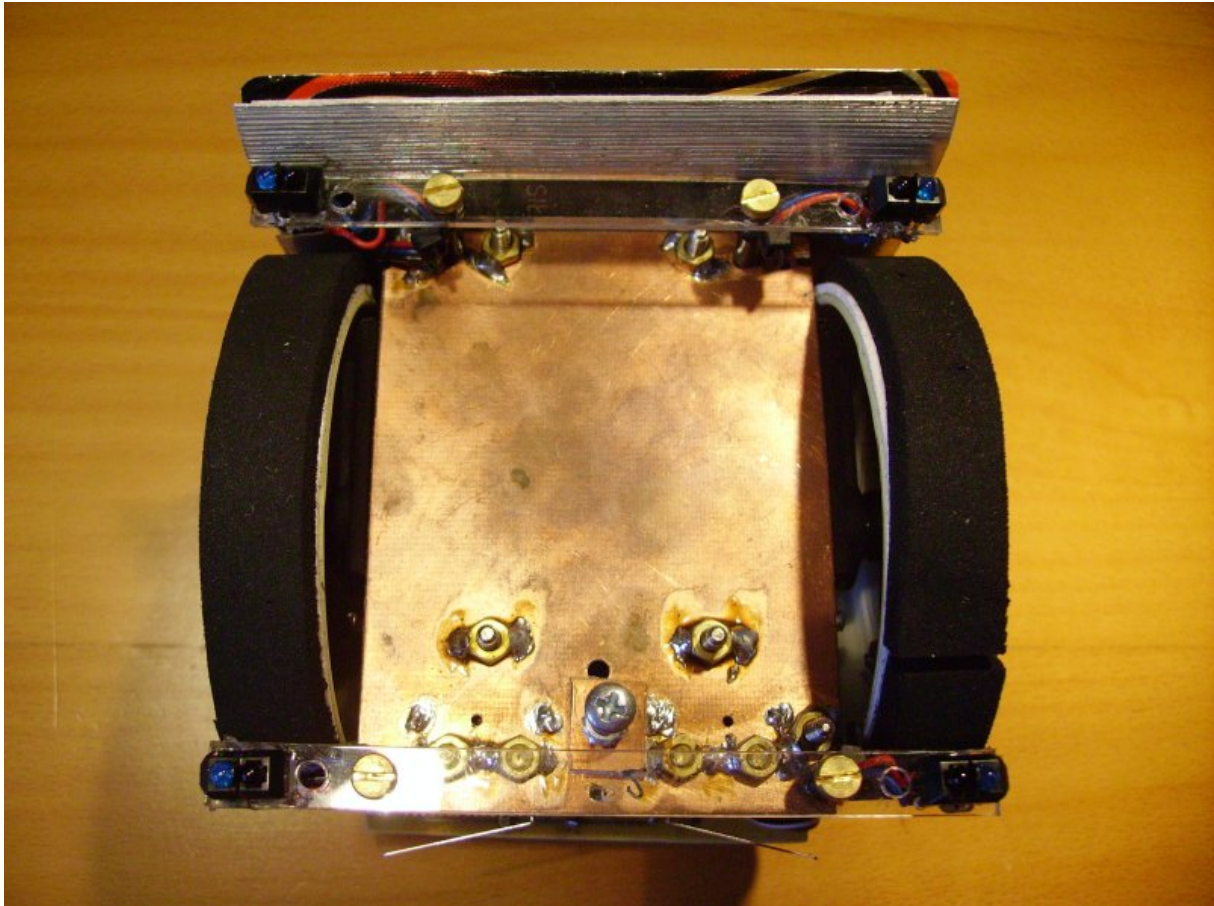
Celem projektu było wykonanie dwóch robotów klasy minisumo na zawody Robotic Arena 2008, które odbyły się 13 grudnia. Budowa robotów odbywała się w ramach warsztatów minisumo zorganizowanych przez Koło Naukowe Robotyków KoNaR i zgodnie z założeniem organizatorów trwała miesiąc. W tym czasie w oparciu o cykl artykułów zamieszczonych w *Komputer Świat Ekspert* oraz z pomocą starszych i bardziej doświadczonych “robotycznie” kolegów stworzone zostały dwa bliźniacze roboty “Łowicz” i “Zaraz”, które zadebiutowały na zawodach wygrywając (nawet) niektóre walki, choć do finału było daleko.



Rysunek 1: Robot Łowicz po zawodach Robotic Arena 2008

## 2 Konstrukcja robota

Cała konstrukcja zbudowana jest w oparciu o laminat dwustronny. Płyta z elektroniką przykręcono do płyty nośnej przy pomocy kołków dystansowych. Również za pomocą kołków oraz kawałków laminatu, przymocowano dwa przerobione serwomechanizmy Tower Pro MG955. Nad nimi, z użyciem taśmy dwustronnie klejącej przymocowano akumulator. Taka konstrukcja – łatwa w rozbiórce i ponownym złożeniu, zapewnia wygodę w serwisowaniu poszczególnych podzespołów, co jest szczególnie ważne podczas zawodów. Laminat wykorzystany został ze względu na wagę- jest prawie o połowę lżejszy w stosunku do aluminium, przy zachowaniu podobnych własności wytrzymałościowych, oraz łatwość obróbki.



Rysunek 2: Spód gotowego robota Łowicz przed modyfikacjami. Widoczne zestawy czujników białej linii oraz ostrze pługu.

### 2.1 Pług

Ze względu na dość ograniczone możliwości czasowe, a także ograniczony warsztat, zastosowano najprostszy z rodzajów pługu- przykręcony na stałe kawałek blachy. Pług miał budowę warstwową. Do zaokrąglonego u podstawy kawałka grubej blachy aluminiowej został przykręcony odrobinę dłuższy kawałek cienkiej blaszki uzyskanej z puszki po piwie. Został on wyszlifowany w celu uzyskania ostrego kantu, co miało zwiększyć skuteczność pługu. Jednak element ten bez wątpienia należało dopracować. Blacha podczas walki wyginała się i odkształcała – powstałe nierówności zmniejszały skuteczność pługu. Prostota zastosowanego rozwiązania jest okupiona zasadniczą wadą - pług wykorzystywany jest jedynie do wypychania przeciwnika, nie istnieje natomiast możliwość podważenia go.

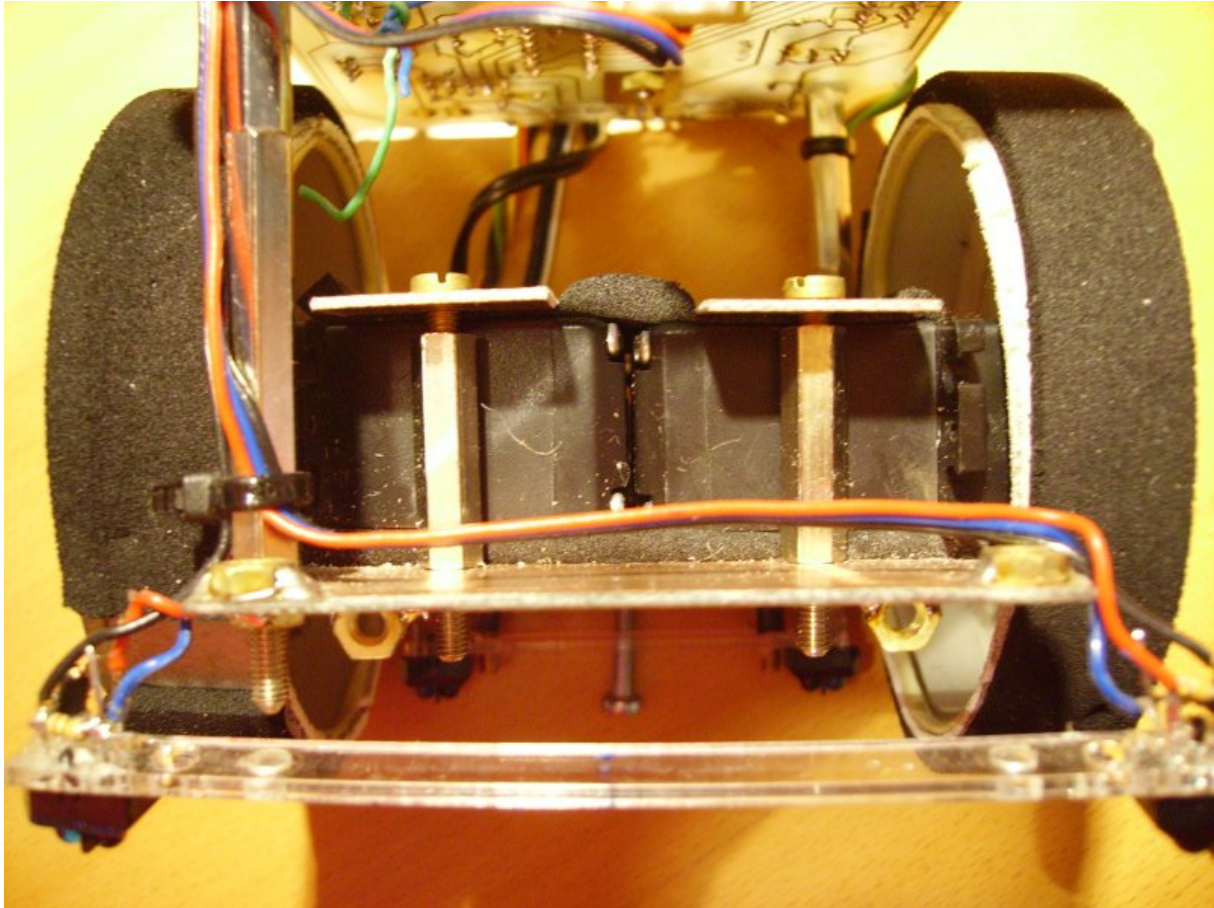


Rysunek 3: Warstwowy pług robota Łowicz - widoczny także czujnik białej linii.

## 2.2 Napęd

Napęd zbudowany został w oparciu o zmodyfikowane serwomechanizmy modelarskie TowerPro MG995. Modyfikacja polegała na wyjęciu z głównego trybu bolca zabezpieczającego przed całkowitym obrotem serwa - podgrzanie elementu hot-air'em ułatwiło jego wyjęcie. Operacja ta wymagała szczególnej ostrożności ze względu na konieczność utrzymania bezwzględnej czystości podczas demontażu i montażu mechanizmu. Ponadto usunięto oryginalną elektronikę sterującą serwomechanizmem i przylutowano nowe przewody zasilające. Po zmontowaniu serwomechanizmu okazało się, że ten czasami blokuje się i wydaje metaliczne dźwięki. Konieczne okazało się ponowne rozkręcenie serwa i oszlifowanie otworu po bolcu, co rozwiązało problem.

Servomechanizmy przytwierdzono do płyty nośnej przy użyciu kawałków laminatu. W celu amortyzacji drgań oraz likwidacji naprężeń, zastosowane zostały z obu stron serwa przekładki z kawałków mikrogumy.



Rysunek 4: Mocowanie silników w robocie. Widoczne tuleje dystansowe, przekładki z mikrogumy oraz laminat dociskowy.

Koła wykonano z nakrętek po jedynym słusznym dzemie Łowicz. Wybór nakrętek poddyktowany był ich odpowiednią średnicą, grubością oraz wagą (są bardzo lekkie). Istotny aspekt stanowiło równe wywiercenie otworów do zamocowania orczyków, żeby koła poruszały się równo, bez efektu tzw. bicia. Idealne znalezienie środka zakrętek nie było proste. Wykonano kilka kół z zakrętek, następnie przymocowano do nich serwa i wybrano te, które pasowały najlepiej.

Pokrycie kół zostało wykonane z mikrogumy, uzyskanej dzięki ofiarności Koła Naukowego. Początkowo, w celu wypróbowania kół, mikroguma została przylepiona do zakrętek za pomocą gąbczastej taśmy dwustronnie klejącej. Było to rozwiązanie prowizoryczne i chwilowe, jednak okazało się zaskakująco dobre i nie zostało już zmienione. Dzięki temu wygodnemu rozwiązaniu zaoszczędzono sporo czasu.

### 2.3 Czujniki

W roli czujników białej linii wykorzystano gotowe układy TCRT5000 firmy Vishay, uzyskane w ramach programu darmowych próbek oferowanego przez producenta. Są to czujniki refleksyjne zawierające w swej strukturze podczerwoną diodę LED jako oświetlacz oraz fototranzystor w roli detektora. Wykorzystano układy w wersji L, tj. z przedłużonymi wyprowadzeniami.

Wg. dokumentacji producenta czujniki pracują w zakresie 0,2 do 15 mm odległości od podłoża, ze szczytem w odległości 2,5mm. Dla robotów została ustawiona wysokość robocza na ok. 5mm. Świetnym rozwiązaniem okazała się plastikowa listwa, do której przyklejone zostały czujniki przy użyciu kleju na gorąco. Listwę przykręcono do płyty nośnej przy użyciu śrub, co pozwalało na regulację wysokości zawieszenia czujników nad podłożem.

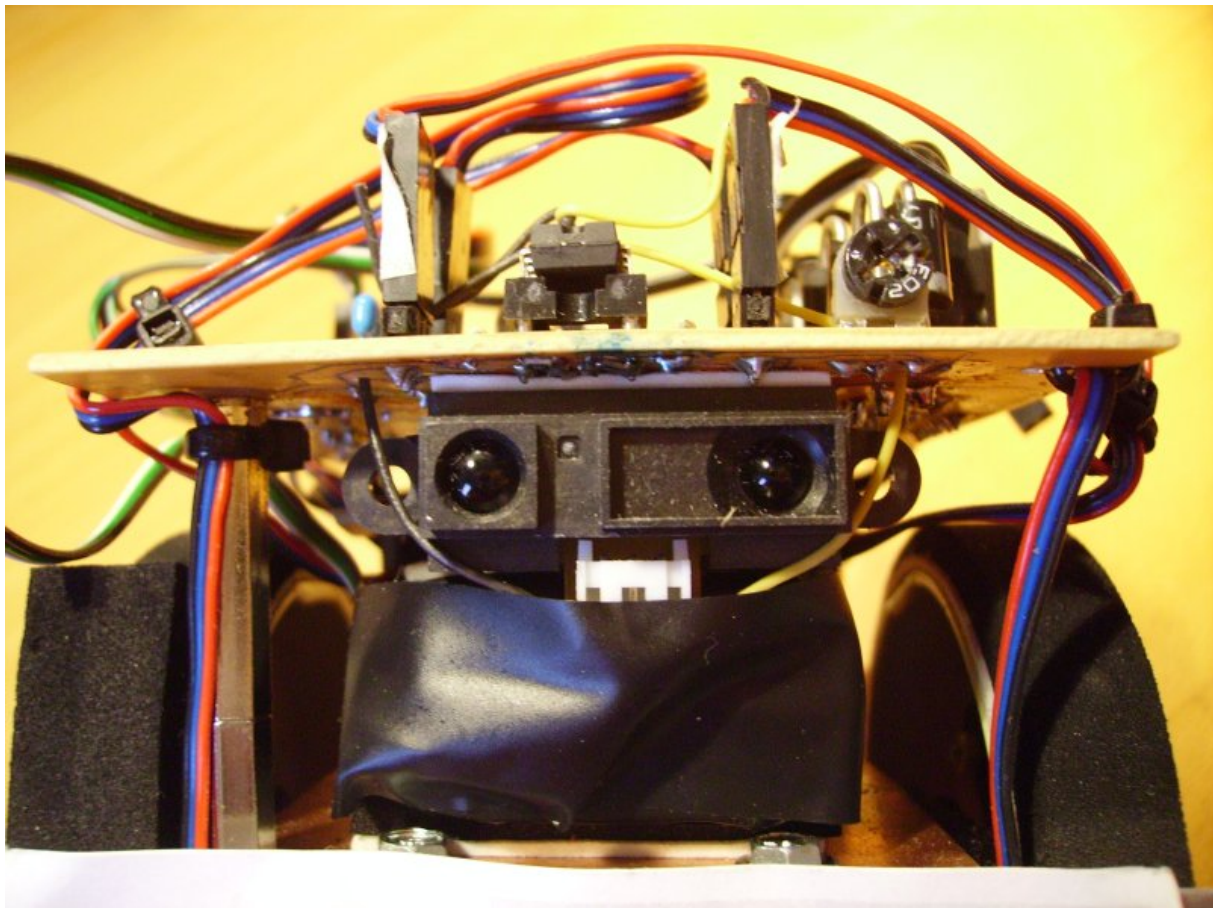
Schemat elektryczny jest standardowy, wykonany w oparciu o dzielnik napięcia z fototranzystorem w jednej z gałęzi. Podczas konstrukcji stracono sporo czasu z powodu błędu na schemacie, w którym fototranzystor był zamieniony z rezystorem. W efekcie, czujnik dawał zanegowany sygnał. Dzień przed zawodami usterkę zlokalizowano i usunięto.

Czujniki nie zostały w żaden sposób osłonięte, lecz mimo tego świetnie się spisują. W przyszłości planowane jest ich osłonięcie ze względu na możliwość ich mechanicznego uszkodzenia przez pług przeciwnika.

Robot wykrywa przeciwnika przy użyciu dalmierza optycznego firmy SHARP. W robocie „Lowicz” zastosowano czujnik SHARP GP2D12, którego zakres detekcji (operacyjny) wynosi 80cm. Wyjście czujnika jest analogowym wyjściem napięciowym z zakresu 0 – 2,75V, które niestety jest nieliniowe, co stwarzało spory problem. W oparciu o charakterystykę zawartą w dokumentacji oraz bezpośrednie pomiary napięcia w serii doświadczeń, wybrana została odległość detekcji 75cm, co odpowiadało napięciu 0,78V i taka też wartość została ustawiona w programie jako próg detekcji.

Z racji nieliniowej charakterystyki czujnika, napięcie 0,78V było także uzyskiwane przy odległości ok 3cm, przez co robot mógł „przeoczyć” przeciwnika przy zwarciu. Z tego powodu czujnik został maksymalnie cofnięty w głąb robota i przyklejony za pomocą taśmy dwustronnie klejącej oraz dodatkowo przymocowany przy użyciu cienkiego drutu do spodu płyty z elektroniką.

W robocie „Zaraz” użyto podobnego czujnika SHARP GP2D120, różniącego się jedynie zasięgiem detekcji do 30cm. Wyjście jest także napięciowe, z zakresu 0 – 3,1V. W programie została ustalona wartość graniczna 0,35V co odpowiada odległości detekcji ok. 38cm. Montaż czujnika jest identyczny jak w robocie „Lowicz”.

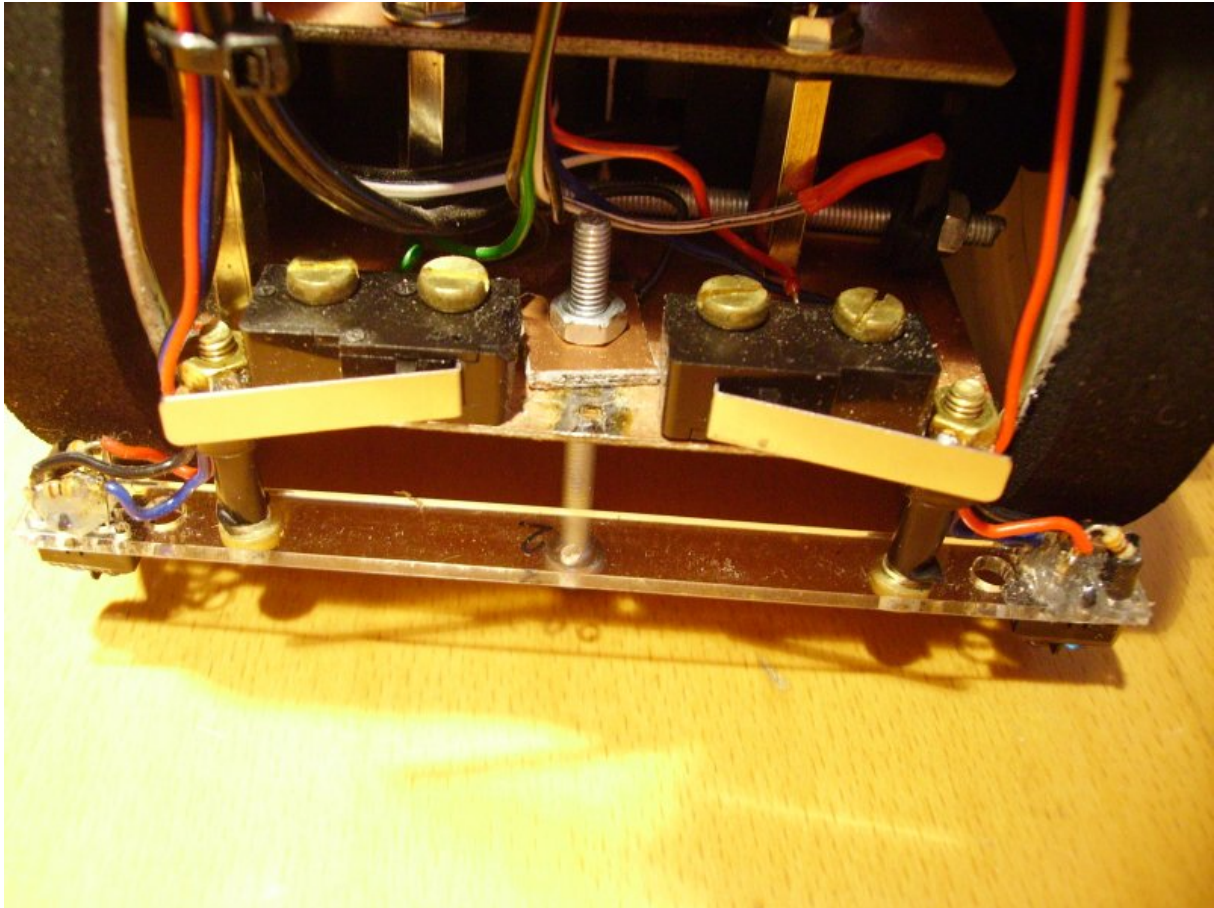


Rysunek 5: Montaż dalmierza optycznego Sharp. Poniżej czujnika znajduje się bateria.

Czujniki optyczne są, obok pługu, najmniej przetestowanym i dopracowanym elementem ro-

бота, gdyż ich zakup był możliwy dopiero niecałe 2 dni przed zawodami. Jak się okazało, ich sposób montażu, a w szczególności duża wysokość nad powierzchnią podłoża, nie pozwalała na detekcję niskich przeciwników. Robot przy braku detekcji wchodził w tryb poszukiwania przeciwnika, w którym moc silników była zredukowana do około połowy. W efekcie robot *“Zaraz”* odpadł z zawodów właśnie przez zredukowaną moc silników, gdyż *”*przeoczył niskiego przeciwnika.

W obu robotach zostały dodatkowo zamontowane po dwa styczniki z tyłu robota, mające na celu wykrycie uderzenia przeciwnika. Z powodu braku czasu pomysł doczekał się niepełnej realizacji jedynie w robocie *“Łowicz”*. Zawody potwierdziły słuszność pomysłu, gdyż *“Łowicz”* został dwukrotnie zaatakowany właśnie *“od tyłu”*. Niestety, niedopracowana procedura obsługi styczników nie pozwoliła mu na skuteczną obronę, przez co robot przegrał walkę.



Rysunek 6: Styczniki z tyłu robota. Widoczny także zestaw czujników białej linii zamontowany na plastikowej listwie wraz ze śrubami regulacji wysokości.

W przyszłości należy zdecydowanie opracować skuteczny system detekcji przeciwnika chowającego się za robotem. Styczniki nie są najlepszym rozwiązaniem ze względu na konieczność zwarcia, niemniej jednak przy ich właściwej implementacji w programie mogą stanowić dodatkową obronę.

Ponadto poczyniono próby montażu stycznika reagującego na podniesienie robota przez pług przeciwnika. Przyjęte rozwiązanie mechaniczne nie spełniało oczekiwań już podczas testów, więc zostało porzucone. Warto jednak rozpatrzyć pomysł optycznego sprawdzania wysokości robota nad podłożem i detekcji podniesienia.



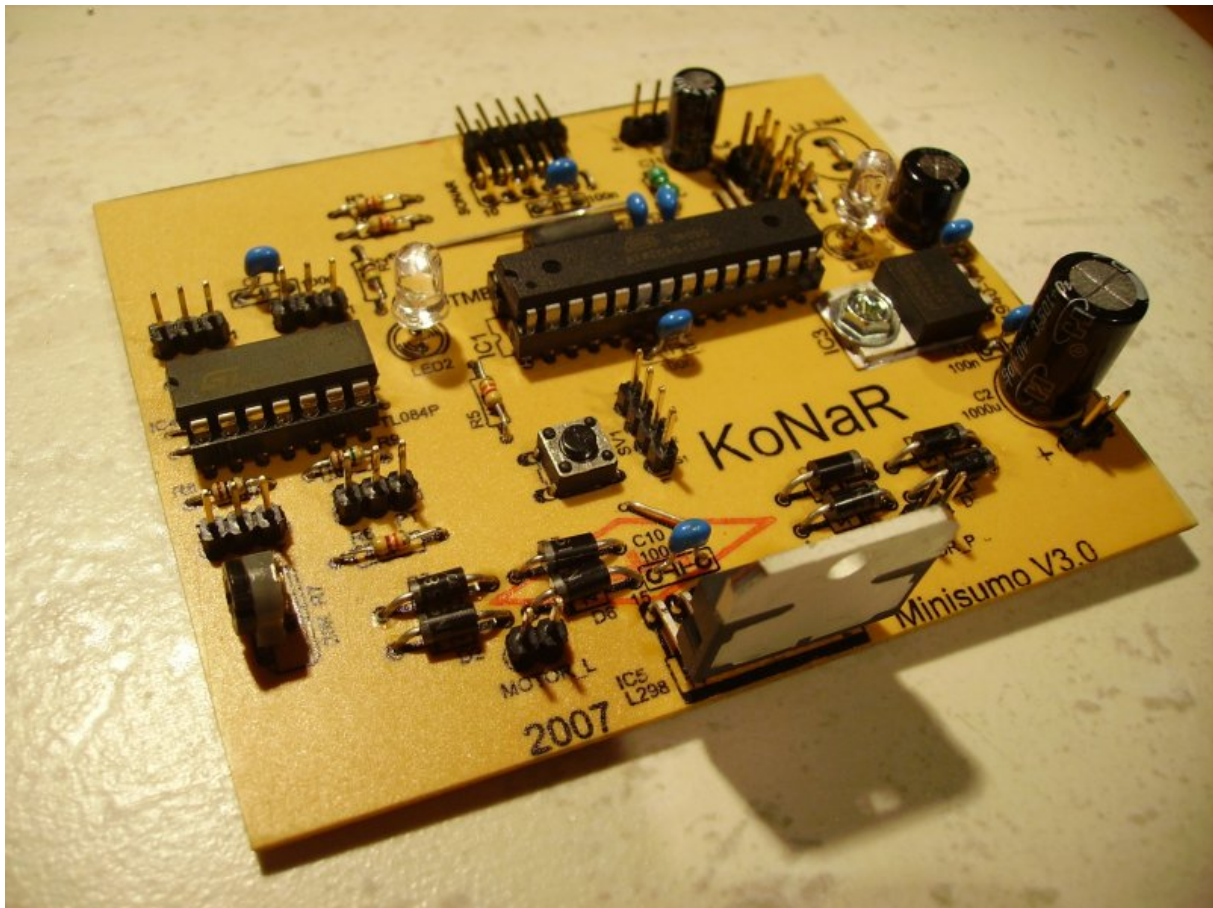
## 2.4 Zasilanie

Podczas prac przemyślane zostały różne możliwości zasilania robota. Spośród zasilania bateriami AA, AAA, akumulatorami Li-Poli czy też Li-Ion, wybrano te ostatnie. Zastosowano dwa ogniwa CR18650 o napięciu nominalnym 3,6V i pojemności 2200mAh, które połączono szeregowo tworząc akumulator zasilający. Głównym atutem takiego rozwiązania była cena, niemniej jednak znaczącą wadą był ich rozmiar. Ogniwa sklejono taśmą izolacyjną i przyklejono na dwustronnej gąbczastej taśmie oraz dodatkowo przykręcono opaską na śrubach do płyty nośnej.

Serwomechanizmy są zasilane bezpośrednio z akumulatora (poprzez mostek sterujący typu H) napięciem 7,2V, natomiast elektronika sterująca poprzez stabilizator Low-Drop 5V.

## 3 Sterowanie robotem

Sterownik robota opiera się o mikrokontroler AtMega8. Schemat elektryczny oraz wzór PCB został zaadaptowany z artykułu w KŚE.



Rysunek 7: Płyta sterownika robota.

Czujniki białej linii są podłączone do mikrokontrolera poprzez układ TL084 zawierający cztery wzmacniacze operacyjne pracujące jako komparatory analogowe, które przy udziale współpracujących dzielników napięcia, dają na wyjściu logikę TTL. Silniki są sterowane poprzez dwa mostki typu H, wchodzące w skład układu L298N. Sygnał sterujący stanowi 8-bitowy przebieg PWM o częstotliwości 500Hz.

Program robota to odpowiednio zaadaptowany program z artykułu w KŚE. Był on modyfikowany praktycznie do ostatniej chwili, przez co zawiera sporo błędów. W planach jest całkowita zmiana oprogramowania oraz algorytmu działania.

## 4 Wnioski po zawodach, planowane zmiany

Z racji goniących terminów realizacji poszczególnych etapów, robot nie został dokładnie przetestowany przed zawodami. Stąd podczas walk dały się we znaki wszelkie niedoskonałości.



Rysunek 8: Testy robota Zaraz - a zaraz zawody! :)

Pierwsze problemy pojawiły się w ostatnich dniach konstrukcji. W wyniku odwrotnego podłączenia zasilania w robocie „Łowicz” nastąpiło spalenie mikrokontrolera, mostka H oraz kilku ścieżek. W dniu zawodów robot „Zaraz” miał podobny wypadek, który na szczęście zakończył się jedynie przepaleniem ścieżki.

Wnioski – należy stosować złącza uniemożliwiające odwrotne podłączenie wiązek przewodów, a w szczególności zaleca się zastosowanie bezpiecznika oraz łatwo dostępnego wyłącznika odcinającego zasilanie. W robotach konieczne jest niestety wyciąganie wtyku, co jest czasochłonne i powoduje uszkodzenie gniazda. Jest to jedna z priorytetowych przeróbek.

W trakcie obsługi robota, w szczególności w stresie związanym z walkami, należy bezwzględnie uważać na możliwość przypadkowego załączenia robota. Robot „Zaraz” uległ uszkodzeniu kilkanaście sekund przed startem z powodu przypadkowego włączenia i wkręcenia w koło szalka zestresowanej właścicielki (oraz smyczy organizatora :P ). W efekcie koniecznym okazało się szybkie usunięcie dodatkowego elementu walki psychologicznej, tj. płyty z mrugającymi diodami, celem dostania się do złącza wyłącznika, które uległo uszkodzeniu.

Wnioski – należy zwrócić szczególną uwagę na lokalizację microswitcha załączającego robota do walki oraz napisać program w sposób pozwalający na jego łatwe uruchomienie - roboty „Łowicz” i „Zaraz” wymagały resetowania procesora, co było uzyskiwane przez chwilowe odcięcie zasilania, to z kolei łączyło się z problemem z wyłącznikiem głównym.

Kolejną modyfikacją jaką należy wprowadzić w celu usprawnienia robotów jest obniżenie ich

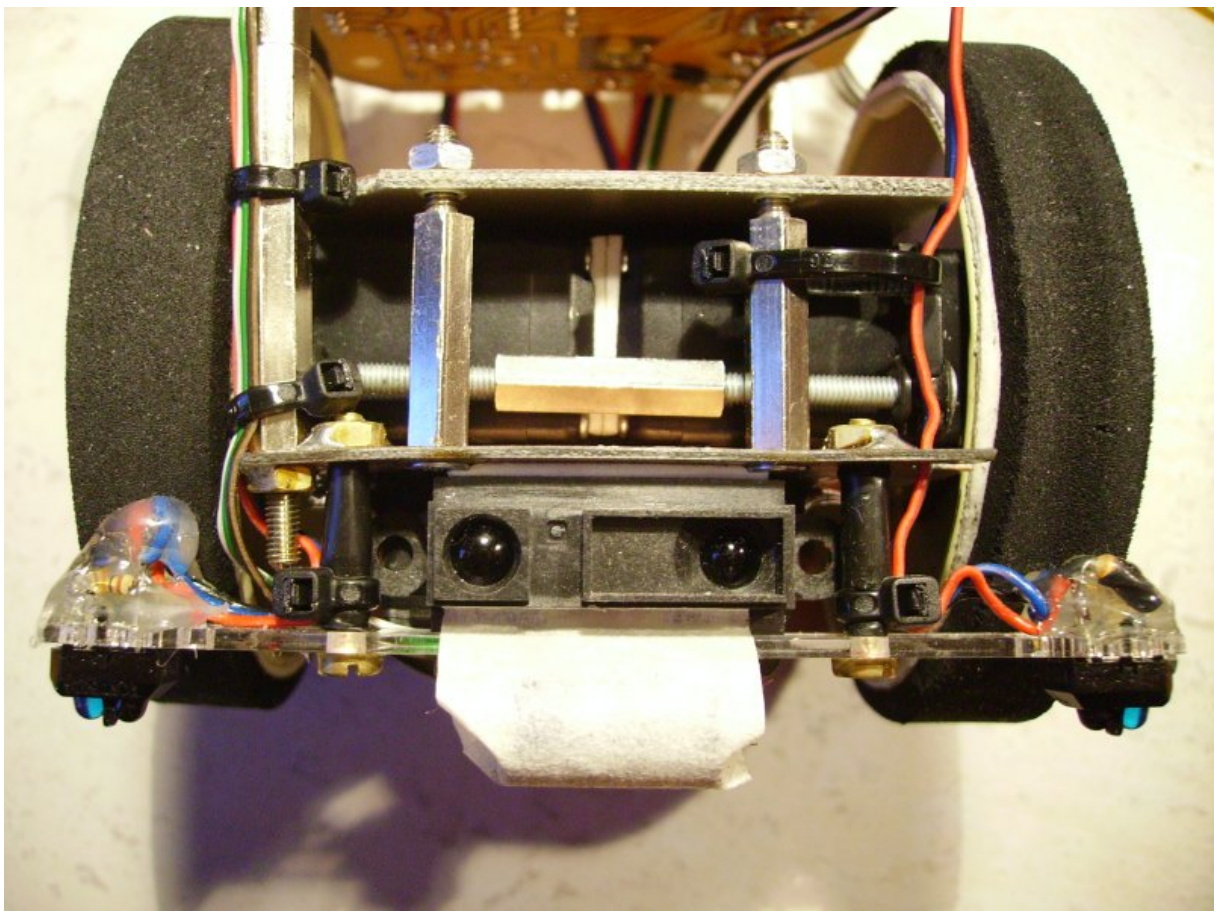
środka ciężkości i dociążenie głównie części przedniej - efekt ten można uzyskać poprzez zmianę miejsca umocowania baterii - bezpośrednio pod płytą nośną.

Warto również zwrócić uwagę na zamocowanie czujnika odległości pozwalającego na wykrycie przeciwnika. Podczas walki okazało się, że czujnik ten jest zamontowany za wysoko i nie jest w stanie wykryć niskich konstrukcji takich jak np. *“Shine”*. Planowane jest zamontowanie czujnik na odpowiedniej wysokości w pługu lub też zastosować dla pewności większą liczbę czujników.

## 5 Wprowadzone modyfikacje

W obu robotach lekki aluminiowy pług został wymieniony na masywniejszy, wykonany z grubszej kwasoodpornej perforowanej blachy (perforacje ułatwiły jego obróbkę oraz montaż).

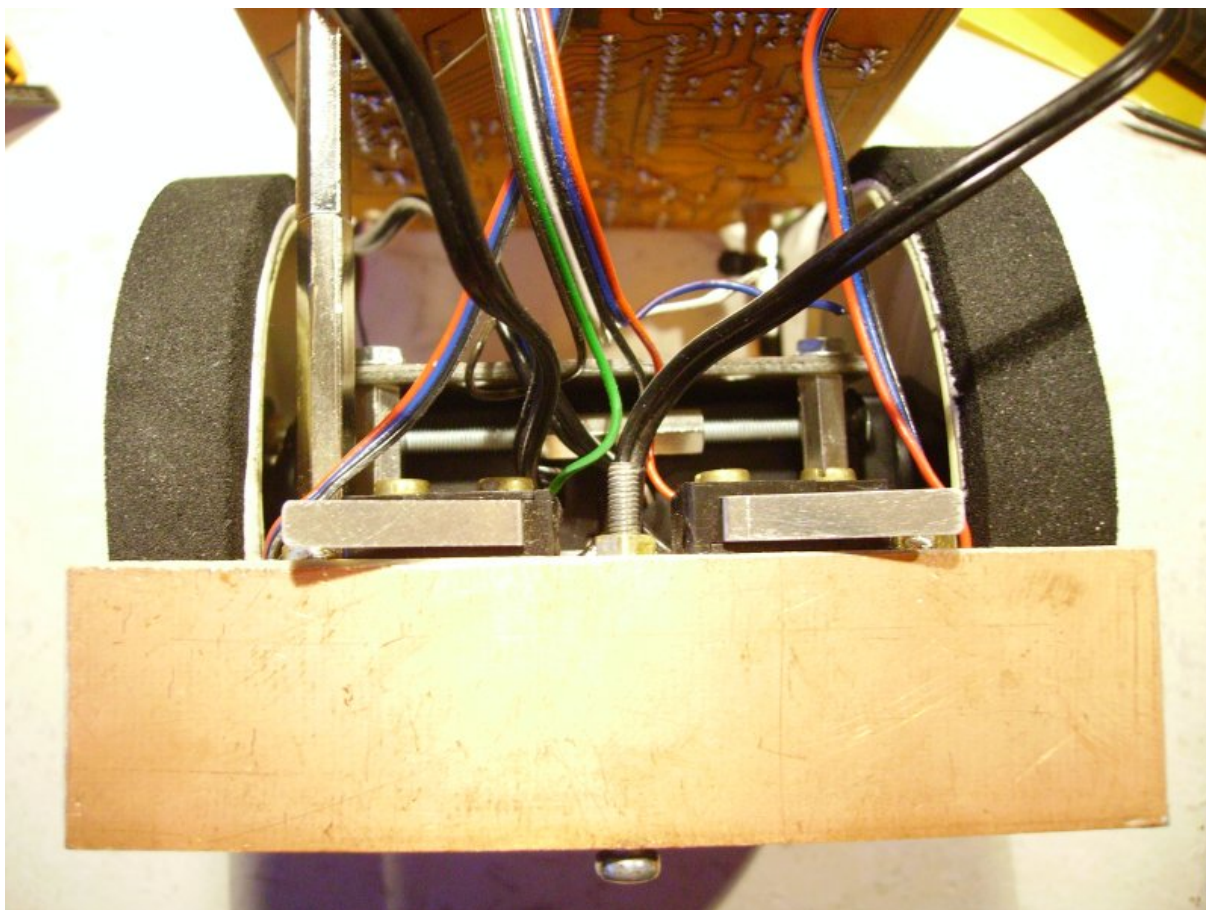
Zmienione zostało miejsce zamontowania dalmierza optycznego - został wmontowany w pług na wysokości około 2 cm nad ziemią. Przy tak niskim montażu należało uważać, żeby przy przechylaniu się, robot nie widział ziemi.



Rysunek 9: Montaż czujnika Sharp nisko nad podłożem. Za czujnikiem - nowe mocowanie dla baterii.

Jako zabezpieczenie przed odwrotnym podłączaniem przewodów podczas resetowania robota zamontowany został włącznik (co jest nie tylko wygodne i praktyczne, ale umożliwia łatwe włączanie robota przez dzieci )

Zostały również zamontowane plastikowe osłonki na czujniki białej linii - ochraniają one częściowo czujniki przed dostępem światła zewnętrznego. Zabezpieczenie przed mechanicznymi uszkodzeniami z przodu stanowił pług, z tyłu natomiast przymocowana została dodatkowa blaszka osłaniająca (kawałek laminatu w robocie *“Łowicz”*).



Rysunek 10: Osłona tylnych czujników białej linii w robocie Łowicz

Dodatkowo w robocie „Zaraz” wymieniono zasilanie. Ogniwa CR18650 zostały zastąpione pakietem Litowo-Polimerowym 3E Model o pojemności 1200 mAh, napięciu nominalnym 7,4V oraz prędkości rozładowania 10C, który zamontowano od spodu płyty nośnej. Zmianie uległo także miejsce montażu - w celu obniżenia środka ciężkości, pakiet został przywiązany do płytki nośnej przy pomocy drucików przewleczonej przez otwory. Waga nowej baterii była znacznie mniejsza od wagi poprzedniej, toteż robota trzeba było dociążyć ( do tego celu użyto sztabki cyny zamontowanej z przodu za pługiem).

Pokrycie kół pozostało niezmienione - mikroguma sprawuje się zadowalająco. Natomiast koła w robocie „Zaraz” zostały wykonane od nowa (dla odmiany) z zakrętek produktów firmy ROLNIK, gdyż poprzednie były źle wycentrowane i lekko były.

W robocie „Łowicz” bateria pozostała niezmieniona, jednakże również obniżono miejsce montażu, podobnie jak w robocie „Zaraz” - od spodu płyty nośnej.

## Epilog

Nawet jeśli na początku wydawało się, że zmiana będzie niewielka i kosmetyczna, przy jej wykonaniu pojawiało się wiele trudności - np. trzeba było zmienić miejsce zamontowania wsporników, co wymagało dodatkowego wiercenia i innych zabiegów, przesunąć śruby montujące itp.

Pomimo przeróbek i faktu, iż nic tym razem się nie wkręciło, „Zaraz” i „Łowicz” nie sprawdziły się na zawodach w Austrii i nie udało im się wyjść z grupy.

Po analizie walk, za główną przyczynę notorycznych przegranych uznany zostaje fakt, że roboty poruszają się dość powoli i nie posiadają zabezpieczenia przeciwko atakom z tyłu - zwykle przegrywają zaatakowane właśnie od tej strony. Nie wykrywają bowiem przeciwników i nie mają

szansy na reakcję. Warto dopracować również algorytm (w szczególności algorytm błędzenia), pomyśleć o bardziej skomplikowanym pługu i poeksperymentować z pokryciem kół.

Ze względu na wszelkie niedoskonałości planowane są kolejne przeróbki oraz rozważana jest też budowa nowych robotów klasy minisumo, które będą stanowiły nową, lepszą jakość.