



Koło Naukowe Robotyków „KoNaR”

ROBOT KLASY MIKROSUMO
NEFULI

nazwa robocza: 'Adam'
(Przebieg Projektu)

Natalia Czop
Mateusz Fuławka
Michał Orynicz

Wrocław, 31 grudnia 2010 roku

Spis treści

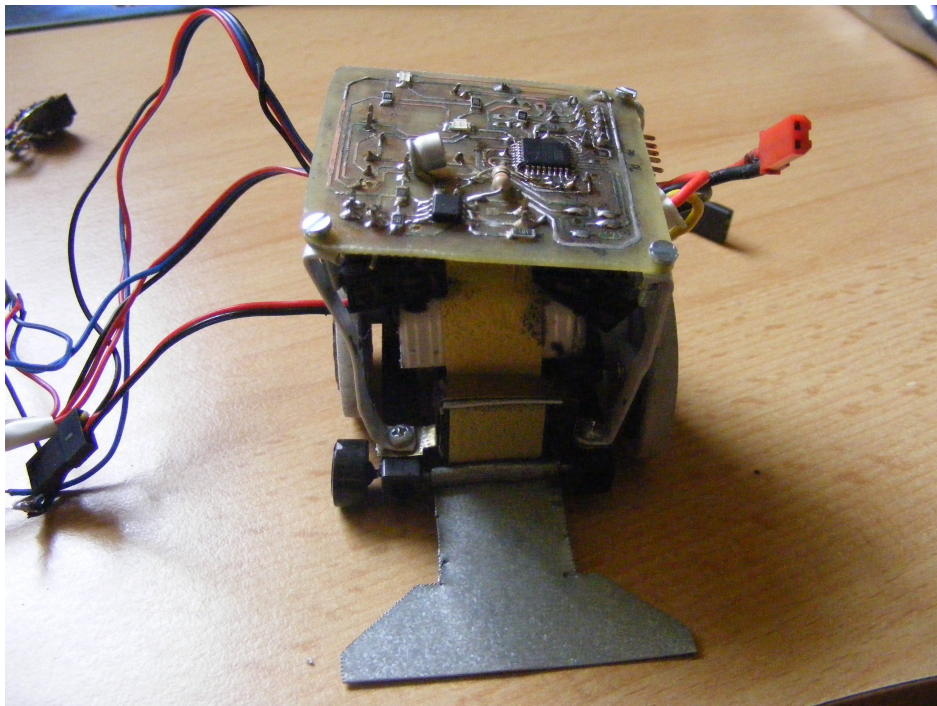
Słowo wstępne.....	3
1. Opis projektu.....	4
2. Konstrukcja nośna.....	4
3. Pług.....	5
4. Napęd.....	6
5. Zasilanie.....	8
6. Czujniki.....	8
Dalmierze.....	8
Biała linia.....	9
Czujnik przemieszczenia wzdłużnego i poprzecznego.....	10
7. Płytką drukowana.....	11
8. Sterowanie – oprogramowanie.	14

Słowo wstępne.

Projekt finansowany ze środków własnych oraz przez Koło Naukowe Robotyków KoNaR.

Budowa robota trwała kilka miesięcy z czego około 80% czasu zabrało kompletowanie części.

Był to nasz pierwszy samodzielny projekt realizowany w kole, wraz z kolejnym rokiem zamierzamy wyeliminować dostrzeżone przez nas błędy oraz udoskonalić zarówno mechanikę jak i oprogramowanie NEFULI, może się to także wiązać z nowym projektem elektroniki a tym samym daje nam możliwość na stworzenie naszego robota ponownie od podstaw korzystając jednak z nabytej do tej pory wiedzy.



Ilustracja 1: Widok z przodu/góry (na załączonym obrazku widac wersje prototypową).

1. Opis projektu.

Celem projektu jest budowa i wystawienie na zawodach Robot Challenge 2011 robota klasy mikrosumo; w ramach testów robot miał również wystartować w Robotic Arena 2010 jako pierwsze sumo tego typu w tych zawodach – robot został zarejestrowany i przygotowany do walki jednakże po przypadkowym spaleniu przetwornicy nie mógł zmierzyć się z przeciwnikami.

Okres realizacji projektu szacowano początkowo na 20 tygodni, jednakże z problemów wynikłych podczas kompletowania części elektronicznych oraz trudności wynikłych z trawienia płytki "domowym sposobem" do projektu czas ten wydłużył się.

Ważnym elementem projektu jest spełnienie przez budowanego robota wymogów stawianych mikrosumo: wymiary 5x5x5cm, waga nie przekraczająca 100g. Uzyskanie oczekiwanych wymiarów i wagi zostanie zrealizowane zostało poprzez wykorzystanie elementów smd zamontowanych na dwustronnej płytce drukowanej oraz odpowiednio przerobionych serwomechanizmów.

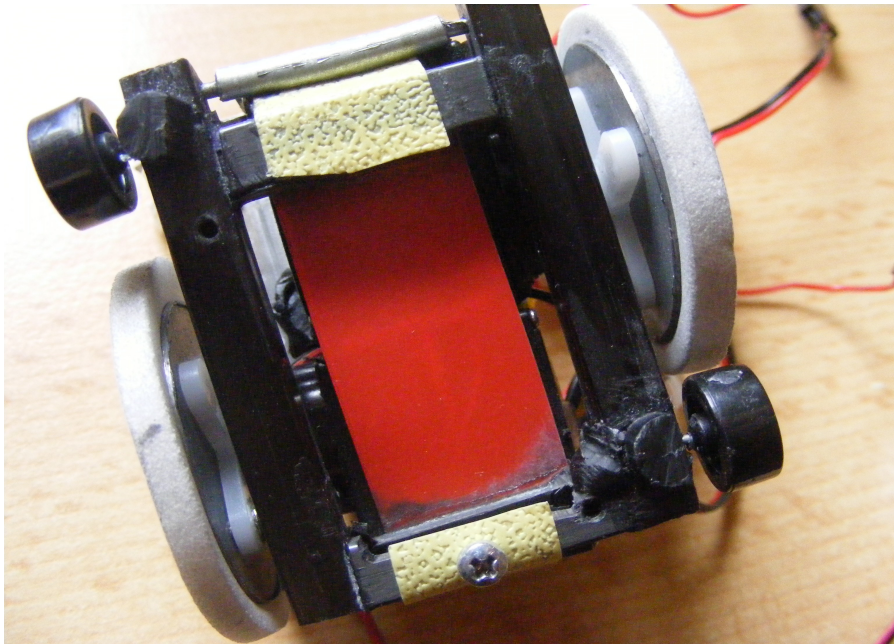
2. Konstrukcja nośna.

Ważnym elementem projektu było spełnienie norm dotyczących robotów mikrosumo: wymiary 5x5x5cm, waga nie przekraczająca 100g.

Celem zminimalizowania wagi i wymiarów robota do konstrukcji jego obudowy użyto jedynie dwustronnej płytki drukowanej, na której zamontowana jest cała elektronika robota, oraz wykazujących się dużą wytrzymałością jak i lekkością prętów węglowych (przy ich cięciu należy zwrócić jednak uwagę na ich rozwarstwianie się). (Początkowo planowaliśmy użyć kątowników aluminiowych – były jednak za ciężkie, dodatkowo brak nam specjalistycznego sprzętu do obróbki elementów – w tym przypadku dokładność nie mogłaby być mniejsza niż części dziesiąte milimetra.)

Górne ograniczenie wysokości określa dwustronna płytka drukowana, do podwozia przyczepiony jest zaś czujnik myszy.

Boczne wsporniki, do których przykręcona jest (za pomocą śrub o średnicy 2mm) płytka drukowana wykonane są z zakładek papierowych skoroszytów, podobnie jak mocowania serwomechanizmów oraz baterii.



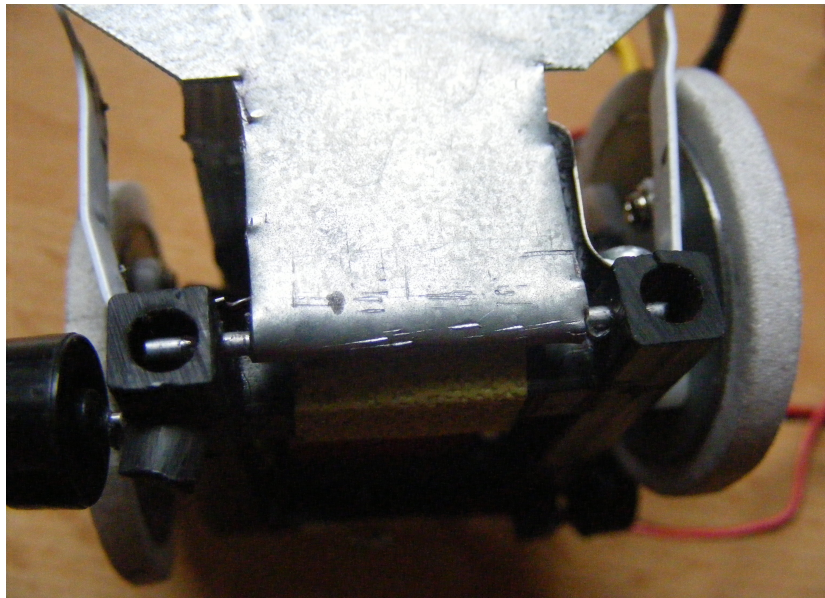
Ilustracja 2: Widok z dołu.

3. Pług.

Pług został wykonany z kawałka aluminium. Jego kształt podyktowany został ograniczeniami wagowymi, zapewniając jednocześnie zasięg na całą szerokość robota. Pług otwiera się pod wpływem ruchu robota – dodatkowo celem skrócenia czasu jego otwarcia planujemy na stałe zainstalować sprężynę odbijającą pług w chwili rozpoczęcia walki (w ramach testów mocowana była zwykła sprężyna z długopisu). Mocowanie pługu zrealizowano zawijając jego koniec na kawałku szprychy rowerowej i wwiercając ją w pręty węglowe.



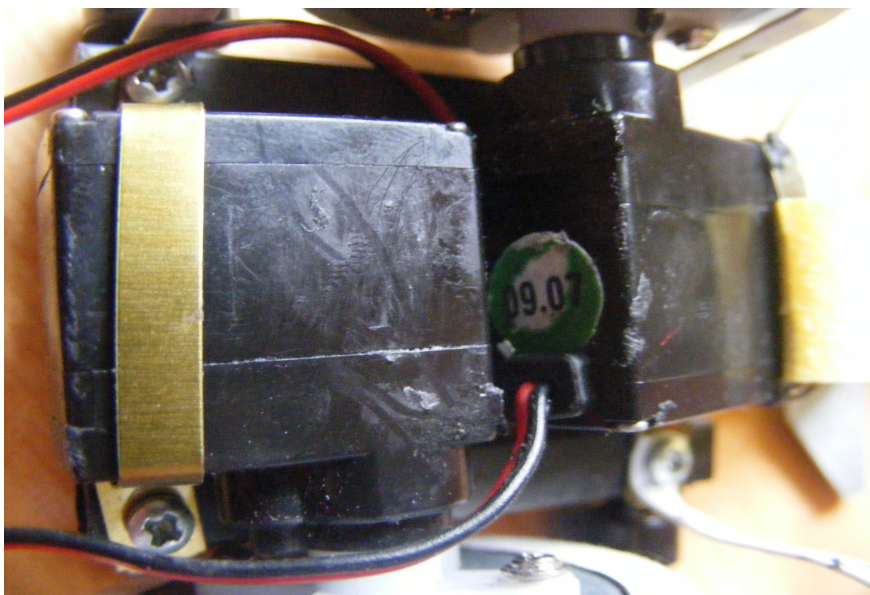
Ilustracja 3: Pług.



Ilustracja 4: Mocowanie pługu.

4. Napęd.

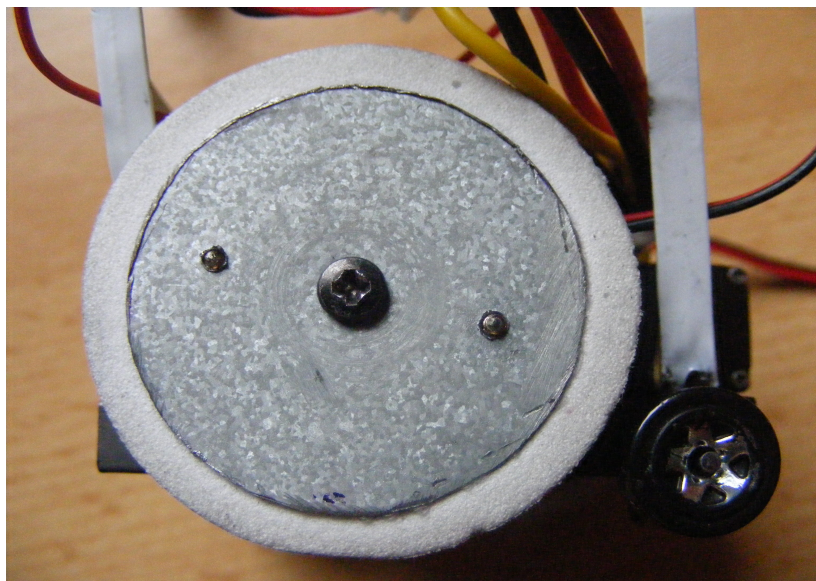
Początkowym zamysłem było wykorzystanie silników na napięcie 7.4V z dedykowanymi przekładniami jednakże dostępne silniki z dedykowanymi przekładniami są zazwyczaj przystosowane do pracy z 3 lub 6V, ale silniki 3V mają za małą moc. Oczywiście istnieją silniki na 7.4V z dedykowanymi przekładniami – jednakże nie możemy sobie na nie pozwolić z przyczyn finansowych, a wykonanie własnych przekładni nie spełniło wymagań. Dlatego też ostatecznie zdecydowano się na wykorzystanie przerobionych mikroserw Hitec HS-65HB charakteryzujących się niewielkimi wymiarami oraz wagą wynoszącą nieco ponad 11g (po przerobieniu serw wynosi ona 10g).



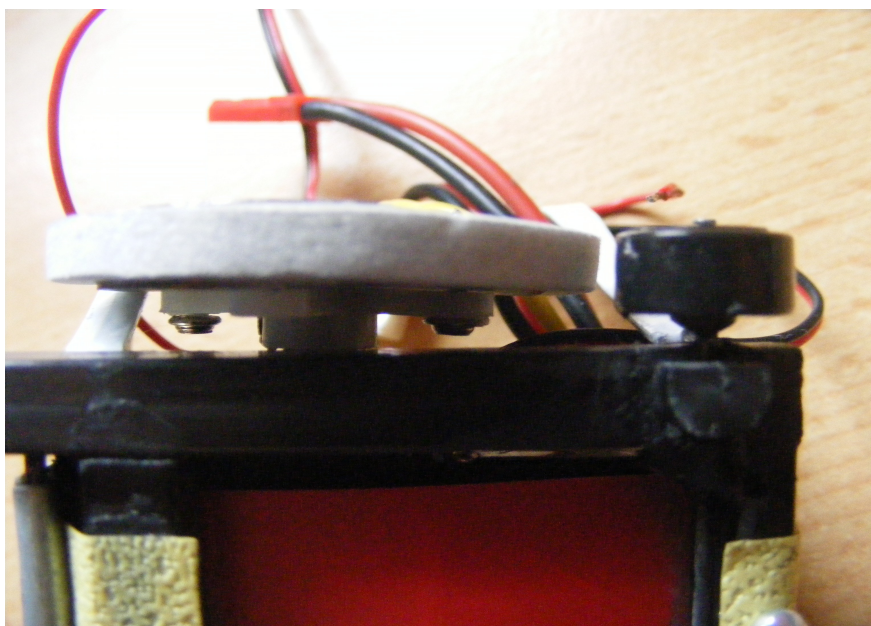
Ilustracja 5: Widok na serwomechanizmy.

Jak widać na ilustracji piątej osie serwomechanizmów nie pokrywają się a są do siebie jedynie równoległe – sterowanie tak ustawionymi serwami wywołuje problemy związane z synchronizacją poszczególnych serw, dlatego też w przyszłości planowana jest dalsza przeróbka serwomechanizmów tak, aby można je było umieścić w jednej osi.

Przy konstrukcji robota potrzebne były dwie pary kół – większą zbudowano korzystając z pianki zabezpieczającej płyty DVD oraz kółek metalu wyciętych z aluminium nadających kołom stabilność. Małe kółka wyjęto z samochodziku zabawki.



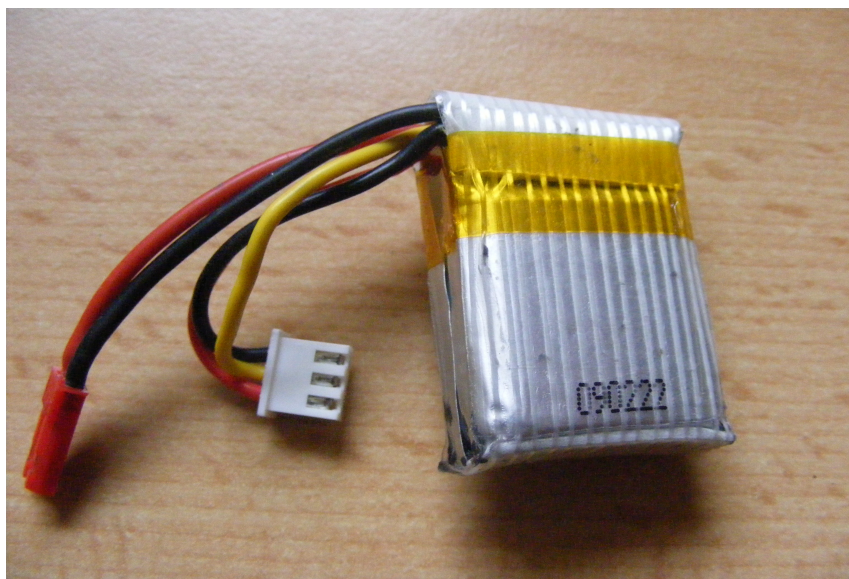
Ilustracja 6: Koła i ich mocowanie.



Ilustracja 7: Koła i ich mocowanie (2).

5. Zasilanie.

Zasilanie zapewnia bateria litowo-polimerowa 7.4V o pojemności 400mAh i dużej sprawności prądowej 10C. Bateria ta w zupełności wystarczy na potrzeby budowanego robota, w rezerwie znajduje się jednakże bateria zapasowa. Rozważano opcje zastosowania starszej technologii w postaci ogniw niklowo-metalowych, które oferowały większą pojemność, przy niedużej objętości, jednak całkowita waga takich akumulatorów zdecydowanie je dyskwalifikowała. Ze względu na niedużą pojemność baterii, istniała obawa o uszkodzenie akumulatora poprzez niekontrolowane rozładowanie, co potwierdziły już pierwsze testy. W celu uniknięcia podobnych sytuacji stosowano prosty detektor niskiego napięcia, na bazie zwykłego wzmacniacza operacyjnego.



Ilustracja 8: Bateria litowo-polimerowa.

6. Czujniki.

Dalmierze.

W zakresie czujników przeciwnika zdecydowano się na wykorzystanie światła podczerwonego, głównie ze względu na większe wymiary oraz pobór mocy czujników ultradźwiękowych. Początkowo planowano zastosować czujnik własnej budowy w postaci nadawczych diod IR oraz diody odbiorczej. Takie rozwiązanie wymaga wprowadzić dodatkowych funkcji sterujących, lecz jednocześnie daje duże możliwości. Pozwala na nadanie własnego klucza i, przy wykryciu zakłóceń wskazującego na oświetlenie odbiorników przez oponenta wyłączenie nadajników i kierowanie się sygnałem przeciwnika.

Największy zysk z takiego rozwiązania mogłyby odnieść niskie, szybkie roboty klasy minisumo.

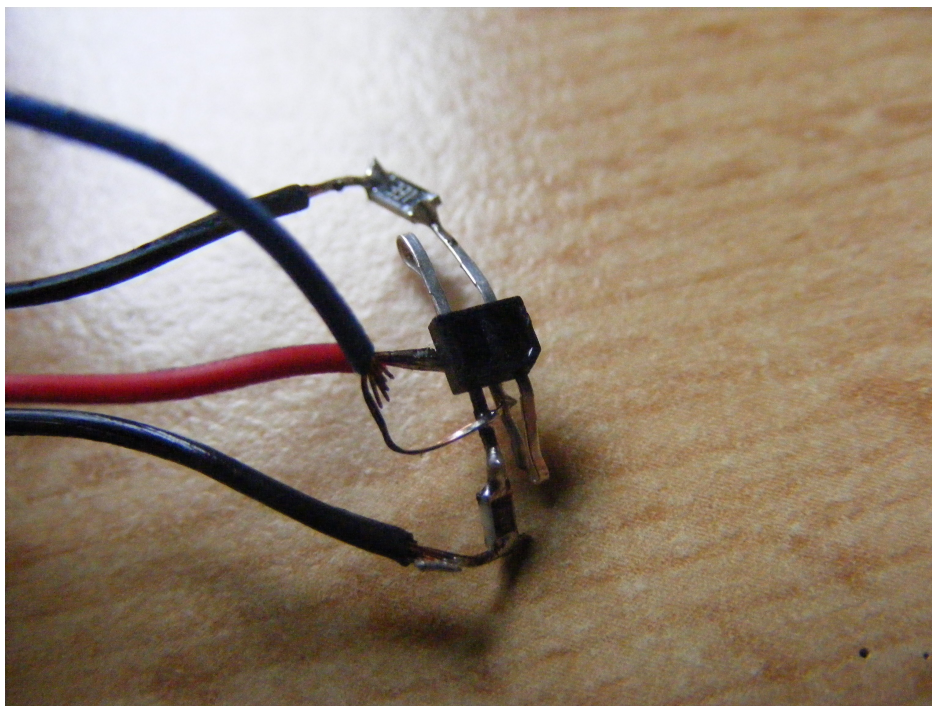
W praktyce wykorzystywanie dwóch diod odbiorczych powodowało znaczne problemy w postaci wzajemnego oślepienia się każdej ze stron.

'Podpatrzone' rozwiązanie z wykorzystaniem stosowanych w pilotach odbiorników SFH 5110 w połączeniu z sekwencyjnym przełączaniem diod oświetlających każdą ze stron dało nieco lepsze rezultaty – po eksperymentach z doбором emiterów IR udało się dobrać diodę charakteryzującą się stożkiem oświetlającym żądany obszar oraz jednocześnie gwarantującą odpowiedni zasięg. Czujnik miał skłonności do tracenia zdolności wykrywania obiektów, a także do generowania fantomów, a jego rozmiar powodował kolejne problemy z objętością robota.

Ostatecznie, zastosowano miniaturowe czujniki sharpa o zasięgu 12 cm, które w porównaniu z własnoręcznymi rozwiązaniami są niezawodne i małe – były to dwie główne cechy których oczekiwano od czujników.

Biała linia.

W zakresie czujników białej linii (właściwie: przetwornika dla czujnika białej linii) zastosowano układ oparty na wzmacniaczach operacyjnych z powodzeniem stosowany w robotach klasy komputer świat. Prostota konstrukcji i jej niewielkie rozmiary właściwie czynią ją idealną do zastosowania w robocie. Role czujnika pełniły 4 pary w postaci dioda IR/fototranzystor.



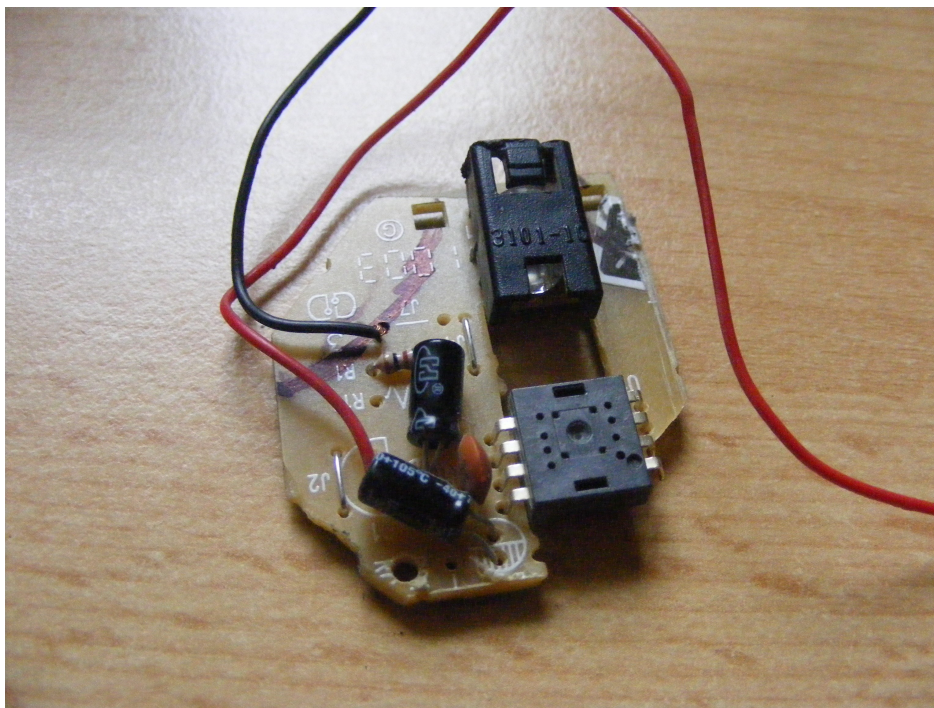
Ilustracja 9: Czujnik białej linii.

Czujnik przemieszczenia wzdluznego i poprzecznego.

Po nieudanej próbie stworzenia własnego dalmierza cyfrowego, przystąpiono do rozwiązania kwestii detekcji prędkości, a co za tym idzie wykrywania niepożądanych sytuacji takich jak poślizg kół przy przepychaniu przeciwnika. Odniesiono tutaj pewien sukces – zastosowany układ optyczny PAW3202DB wymontowany z myszki (z zakupem w sprzedaży detalicznej są pewne kłopoty). Do jego najważniejszych cech należy m. in. komunikacja przy użyciu popularnego SPI oraz niewielka liczba zewnętrznych komponentów. Samo przerobienie czujnika do naszych potrzeb nie stanowiło większego problemu. By uniknąć kłopotu związanego z zapewnieniem odpowiednich ogniskowych dla soczewki układu zdecydowano się zastosować PCB myszki. W tym celu odlutowano wszystkie zbędne komponenty, a następnie docięto ją do wymiarów podwozia.

Działanie układu nie odbiegało zbyt od oczekiwań – oczywiście pojawiły się pewne niedokładności pomiarów, wynoszące średnio około 5%, co najprawdopodobniej jest spowodowane niedokładnościami przy pozycjonowaniu soczewki względem podłoża. Zapewniona dokładność pomiaru była wystarczająca do potrzeb takich jak określenie prędkości chwilowej robota czy przybliżonego przemieszczenia.

Sensor posiada bardzo istotną wadę, która mocno ogranicza jego zastosowanie przy robotach typu sumo i praktycznie uniemożliwia stosowanie w linefolowerach. - nie można nim mierzyć prędkości powyżej 0,7 m/s.



Ilustracja 10: Czujnik od myszki.

7. Płytką drukowana.

W zakresie doboru elementów kierowano się głównie radami bardziej doświadczonych konstruktorów. Nie realizowano wstępnie założonej konstrukcji modułowej – zyski z tego rozwiązania są minimalne.

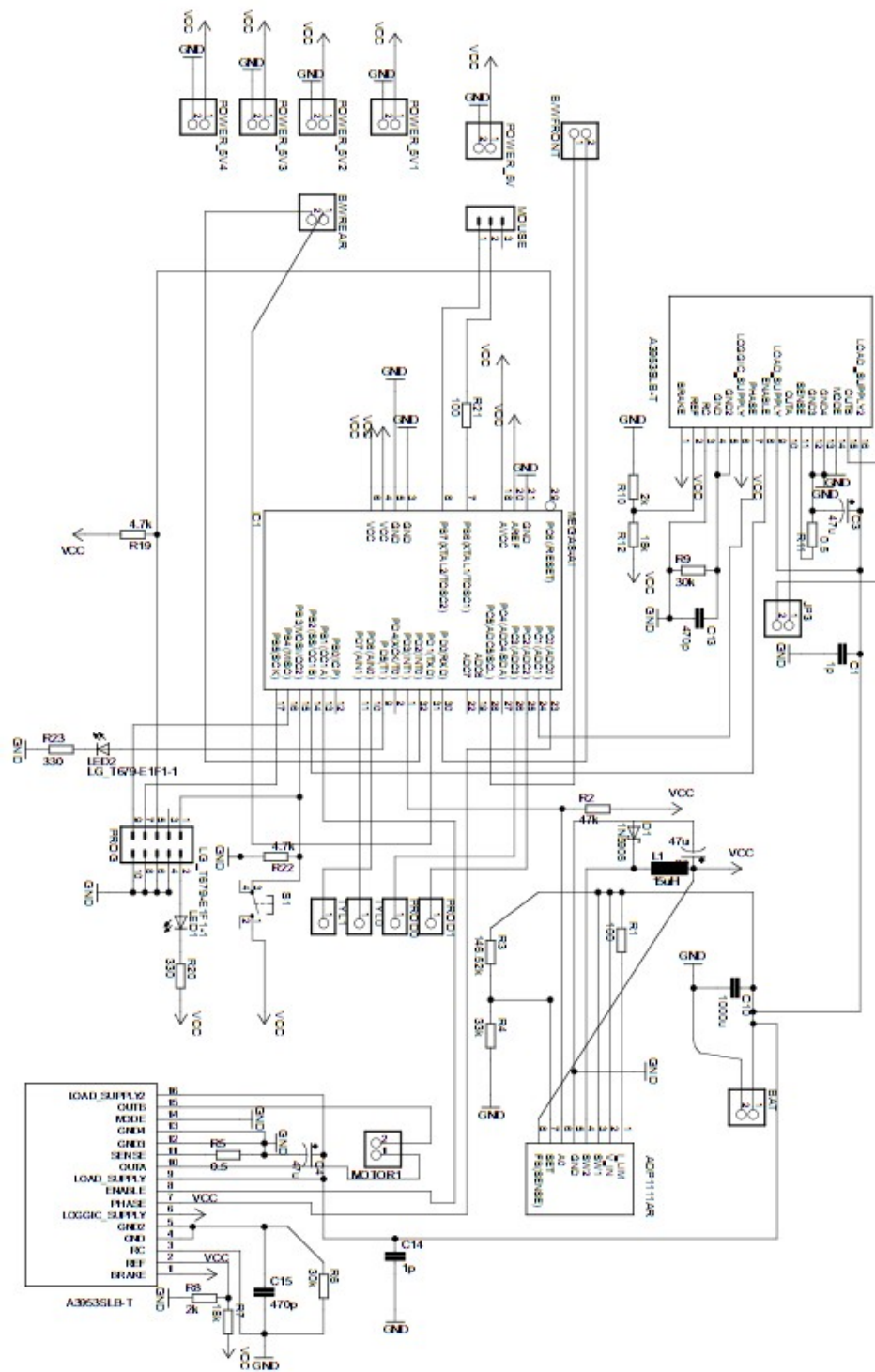
Stabilizowanie napięcia do 5V wymaganych do zasilenia czujników sharpa, mikrokontrolera, czujników białej linii, czujnika przemieszczenia wzdluznego i logiki mostków zapewniono za pomocą przetwornicy impulsowej ADP1111AR firmy Analog Devices. Przetwornica impulsowa jest lepszym rozwiązaniem od tradycyjnego stabilizatora impulsowego, ponieważ zapewnia znacznie mniejsze straty mocy w postaci ciepła, co jest ważne przy małej pojemności akumulatora, a także duża stałość napięć wyjściowych, wymagana dla mikrokontrolera. Zastosowany przez nas model charakteryzuje się dodatkowo brakiem konieczności stosowania wejściowych filtrów przeciwzakłóceń, oraz ograniczona do minimum ilością zewnętrznych komponentów. Producent pomyślał także o wbudowaniu wzmacniacza operacyjnego z napięciem referencyjnym 1.25V, dzięki czemu za pomocą zwykłego dzielnika napięć można zabezpieczyć baterie przed krytycznym rozładowaniem. Na korzyść wykorzystania przetwornicy przemawiał także fakt, iż nikt z zespołu nie pracował wcześniej z układem scalonym reprezentującym tę grupę – jedyne doświadczenie ograniczało się do rozwiązań implementowanych na laboratorium układów elektronicznych na kontrolerach NE555. Początkowo zastosowano ograniczenie prądu wyjściowego przetwornicy do 150 mA, ale ze względu na dużą liczbę zasilonych elementów i możliwość wystąpienia chwilowego większego zapotrzebowania podniesiono ten limit do 200 mA, czyli maksymalnego prądu wyjściowego.

Jedyną wadą układu zaobserwowaną w czasie pracy jest niebywała łatwość jego uszkodzenia. Wystarczy choćby chwilowe zwarcie powodujące przekroczenie max. 200mA by całkowicie zniszczyć układ, o czym boleśnie przekonano się tuż przed zawodami.

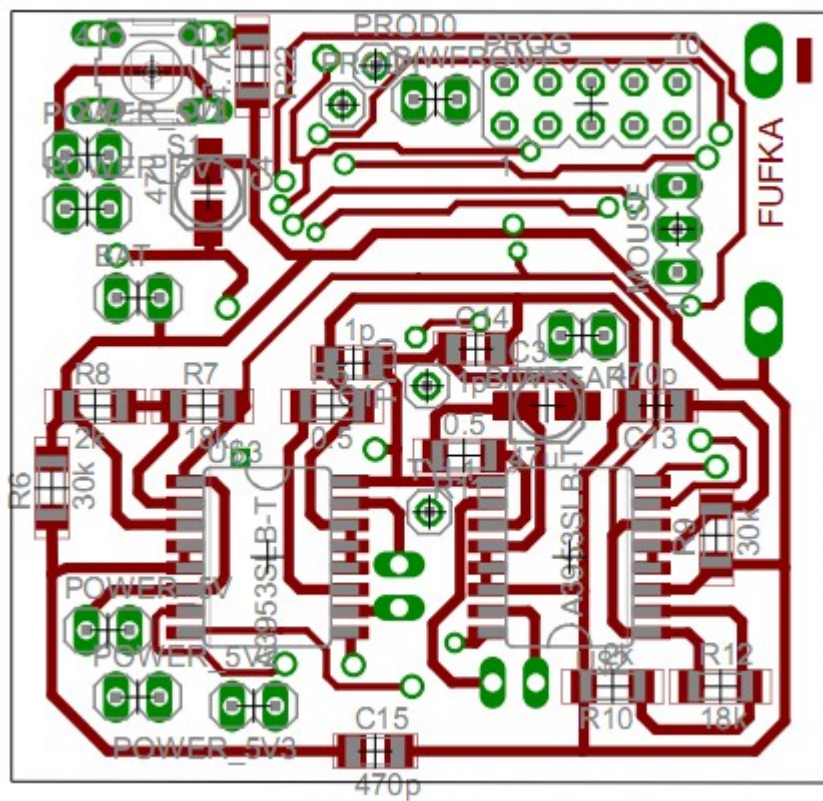
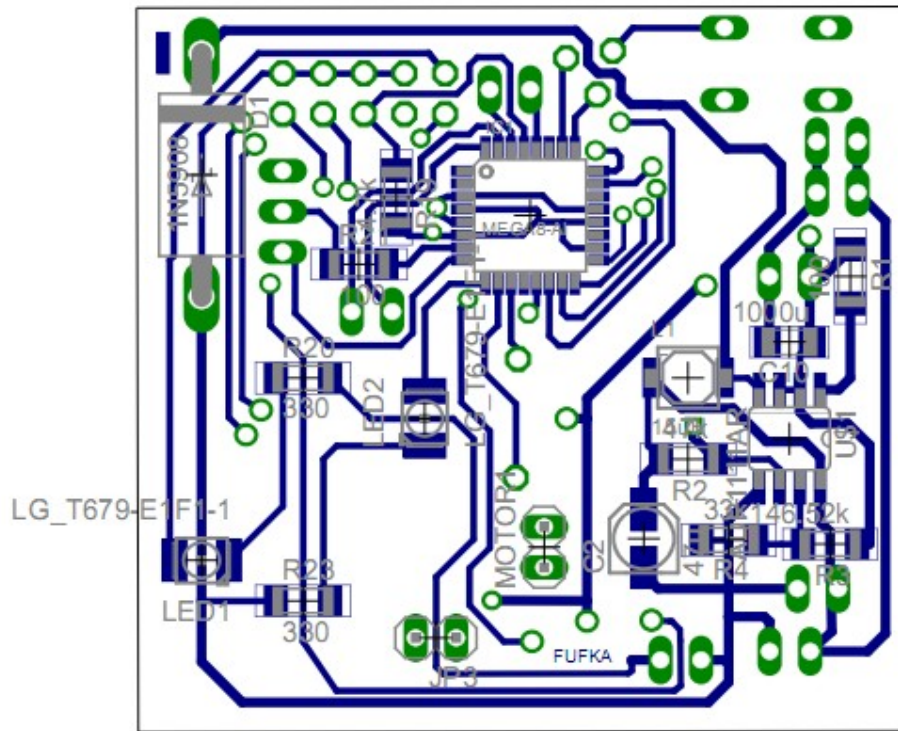
Do sterowania silnikami zastosowano dwa pojedyncze mostki A3953 Allegro Microsystems. Są to mostki przeznaczone dla silników małej mocy o maksymalnym prądzie wyjściowym 1.3 A. Wyróżniającymi ich cechami są mały spadek napięcia na wyjściu, wynoszący niecałe 0,1V w temperaturze pokojowej (22°C) oraz pojemnościowe zabezpieczenie silników, eliminujące potrzebę stosowania zewnętrznych diod prostowniczych. W praktyce układy nie sprawiały problemów, ich parametry nie zostały w żaden sposób sztucznie poprawione – przy ciągłej pracy pod obciążeniem pozostawały zimne.

Przy projektowaniu PCB skorzystano z porad bardziej doświadczonego Janka Kędzińskiego. Choć mimo tego płytce dalej sporo brakuje do optymalnego rozmieszczenia elementów i prowadzenia ścieżek, spełnia ona ogólnie przyjęte zasady projektowania. Wersję

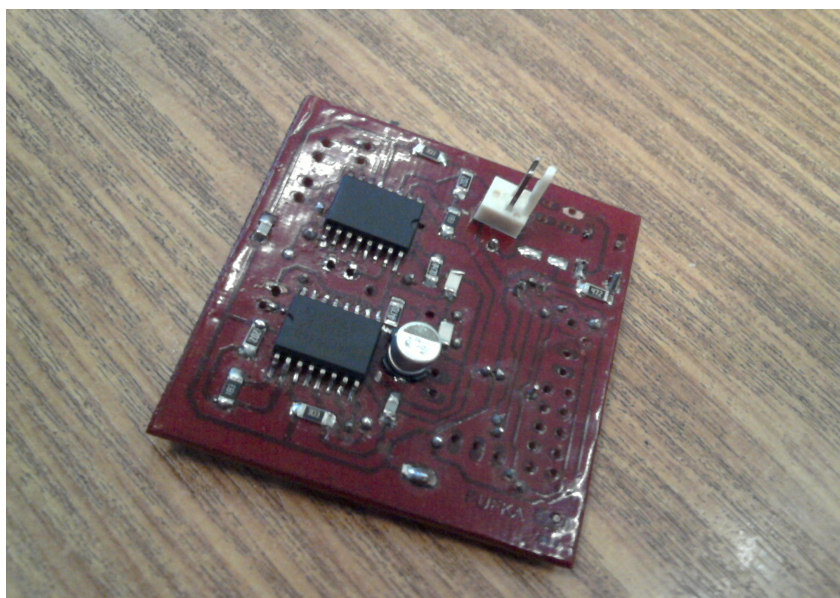
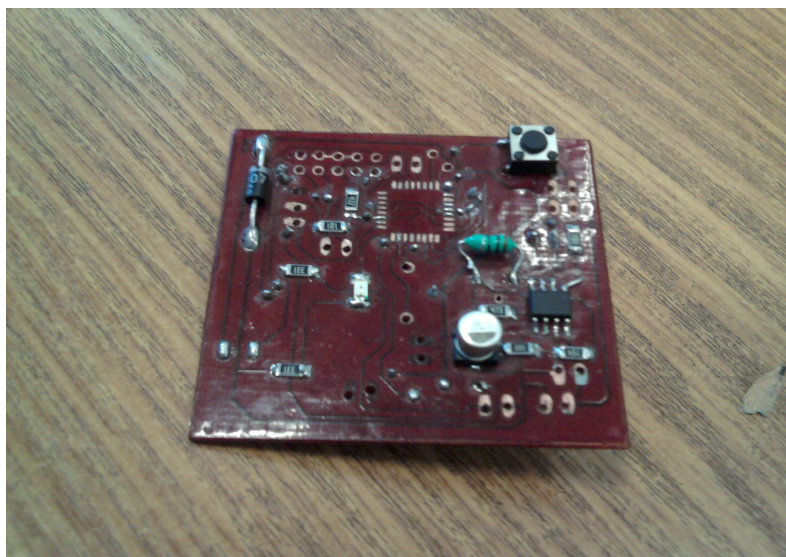
końcówką pokrytą solder maską, bardziej ze względów estetycznych niż ochronnych.



Ilustracja 11: Schemat płytki drukowanej.



Ilustracja 12: Widok płytki z dołu i góry.



Ilustracja 13: Widok płytki z góry i dołu.

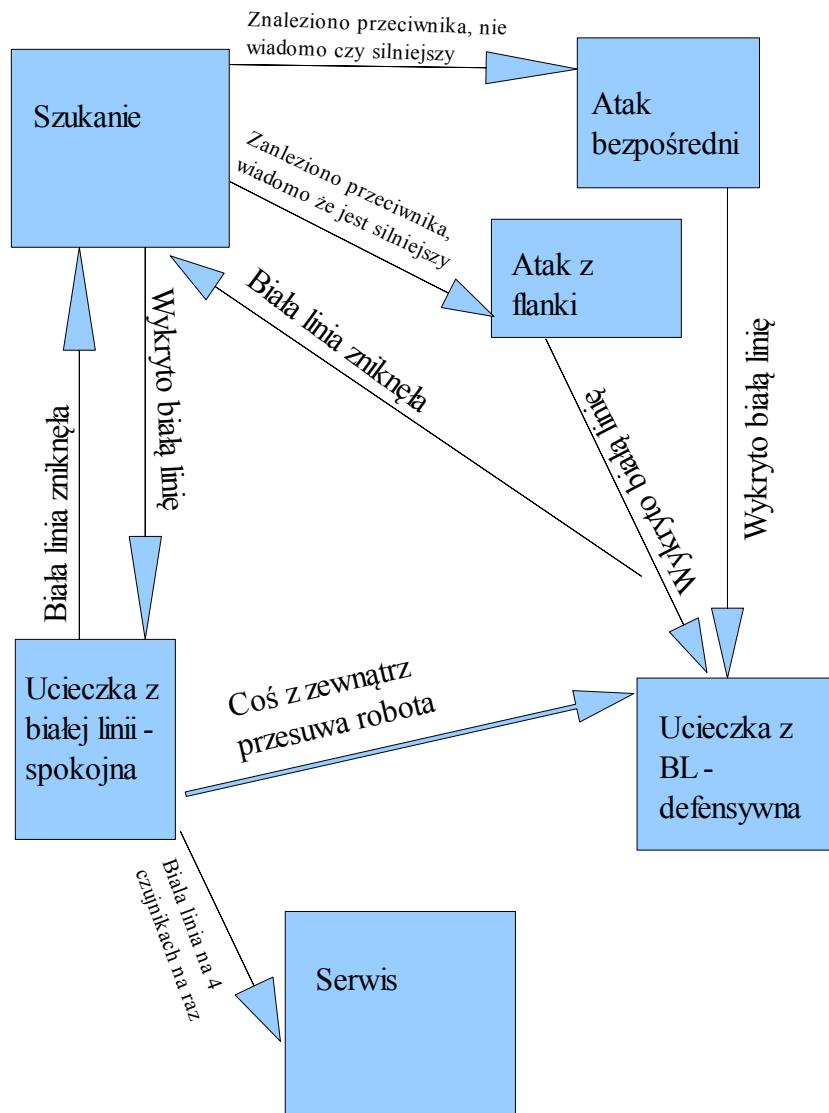
8. Sterowanie – oprogramowanie.

Oprogramowanie podzielone jest na dwie części: odpowiadającą za sterowanie robota od strony algorytmicznej, której druga wersja jest w przygotowaniu, oraz część odpowiadającą za komunikację między algorytmem a rzeczywistością.

Część algorytmiczna implementuje prosty automat stanów, w którym warunkami określającymi stan są odczyty z czujników i zmienna pamięci o sile przeciwnika. Podstawowym stanem jest poszukiwanie przeciwnika, z którego robot może przejść do stanu uniknięcia białej linii, lub któregoś ze stanów ataku. Pierwszy ze stanów jak łatwo jest się domyślić inicjowany jest przez czujniki białej linii. Stany ataku wywoływane są przez dalmierze – ich dokładniejszy wybór, tzn. szarża czy próba zajścia przeciwnika bokiem - rozstrzygane jest

przez doświadczenie z poprzednich starć co do siły przeciwnika, określanej na podstawie różnicy pomiędzy teoretyczną prędkością robota przy danym wypełnieniu PWM na silnikach, a otrzymaną prędkością (w przypadku pierwszej walki przyjmuje się, że przeciwnik jest słabszy). Ze stanów ataku robot może przejść do stanu ucieczki z białej linii, z niego zaś wrócić do stanu poszukiwań. Ze wszystkich stanów robot może przejść do specjalnego stanu serwisowania, wywoływanego przez położenie robota na białym podłożu. W stanie tym można zresetować zmienną pamięci o przeciwniku, sprawdzić poszczególne sensory oraz silniki. Powrót do stanu szukania następuje po wyłączeniu i włączeniu zasilania.

Co do części odpowiadającej za komunikację algorytmu z rzeczywistością, to stan poszczególnych czujników sprawdzany jest okresowo w przerwaniu i zapisywany w strukturze określającej fizyczny stan robota. Sterowanie silnikami odbywa się za pomocą sumy dwóch wektorów: jeden z nich odpowiada za jazdę prosto, a drugi za kręcenie się wokół własnej osi. Pozwala to na prowadzenie robota po dość skomplikowanych krzywych, przy okazji dość intuicyjnie określając jego liniową prędkość.



Rysunek 1: Schemat działania algorytmu sterowania robotem.